Aus dem botanischen Garten der Universität Breslau.

Beiträge zur Kenntnis der Juncaceen.

Inaugural-Dissertation

mit Genehmigung der hohen Philosophischen Fakultät
der Königl. Universität Breslau

veröffentlicht

von

Theodor Abramski.

Freitag, den 22. Dezember 1911, vormittags 12 Uhr
im Musiksaal der Universität

Vortrag:

„Die historische Entwicklung des Systems der Blütenpflanzen“;

darauf Promotion.

Breslau 1911
Druck von Wilh. Gottl. Korn.

Gedruckt mit Genehmigung der Hohen philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau.

Referent: Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. **Pax.**

Tag der mündlichen Prüfung: 29. November 1911.

Meiner lieben Mutter

gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543115_0051

Die Familie der *Juncaceae* hat bisher nur vereinzelt anatomisch-monographische Behandlung erfahren. Von älteren Autoren ist nur Duval-Jouve[1]) zu nennen, der zuerst einige Gewebesysteme der *Juncaceae* erforscht hat. So beschäftigten diesen Forscher die Cellules bulliformes (Gelenkzellen nach Tschirch)[2]) auf der Oberseite namentlich der *Junci poiophylli*, ferner die Spaltöffnungsapparate; insbesondere aber hat er eingehende und sorgfältige Untersuchungen angestellt über Bau und Entstehung der Diaphragmen der *J. septati*[3]), sowie über das Sternmark der *J. genuini*, das die bekannten, schönen mikroskopischen Bilder gibt. Für die Systematik konnten freilich diese anatomischen Untersuchungen nicht verwertet werden, da sie nur einen beschränkten und nicht einmal den wichtigsten Teil des anatomischen Bildes der *Juncaceae* umfaßten.

Schwendener[4]) hat wohl als erster den Versuch gemacht, die Gattung *Juncus* trotz ihrer habituellen Einheitlichkeit anatomisch in Gruppen zu sondern. Als Grundlage für die Unterscheidung benutzt er hauptsächlich die Verschiedenheiten im Bau und in den Elementen des mechanischen Systems. Dieses Gewebesystem weist, wie ich mich

---

[1]) Duval-Jouve, Sur quelques tissus des Joncées et des Graminées. Bull. Soc. bot. France XVI (1869) 404; Sur quelques tissus des Joncées, des Cypéracées et des Graminées. Bull. Soc. bot. France XVIII (1871) 231.

[2]) Tschirch, Beiträge Anat. und dem Einrollungs-Mechan. Grasblätter. Pringsh. Jahrb. XIII (1882) 544.

[3]) Duval-Jouve, Diaphragmes vasculifères des Monocotyledones. Mém. Acad. Montpellier VIII (1871) 157.

[4]) Schwendener, Mechan. Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen. Leipzig (1874).

bei meinen eigenen Untersuchungen überzeugt habe, in der Tat so leicht kennbare und vor allem so konstante Unterschiede auf, daß es mit großem Nutzen zur Grundlage einer anatomischen Gruppierung der Arten gemacht werden kann.

Buchenau[1]) hat in seiner gründlichen Monographie das vollständigste Bild dieser natürlichen Familie gegeben. Das System begründet er allerdings vorwiegend nach morphologischen Charakteren, nur hier und da werden auch anatomische Merkmale herangezogen. Eine scharfe Unterscheidung der Arten, rein morphologisch vorgenommen, stößt aber nicht gerade selten auf große Schwierigkeiten, was auch gar nicht überraschend erscheint, wenn man einerseits die stattliche Zahl der Arten, andererseits die nicht selten geringe morphologische Differenzierung der habituell so auffallend einheitlich erscheinenden Gruppe erwägt. Treffend spricht dies Buchenau[2]) selbst aus: „Der Abschnitt über die *Juncaceen* in Nymans trefflichem Conspectus Florae europaeae zeigt recht deutlich, wie schwierig es noch immer für einen Fernstehenden ist, sich in der Familie der *Juncaceen* zurecht zu finden. In der Tat mögen nicht in vielen Familien die Ansichten über Speziesbegrenzung so sehr auseinandergehen wie in dieser, und unwillkürlich wird man an den scherzhaften Ausspruch von Duval-Jouve erinnert, man könne leicht glauben, daß Juncus von jungere, verbinden, vereinigen, lediglich e contrario benannt sei, weil die Botaniker über diese Pflanzen besonders uneins seien.“ Die Bestrebungen der modernen Systematik nach stärkerer Heranziehung anatomischer Merkmale erscheinen hiernach gerade bei den *Juncaceen* doppelt berechtigt. Buchenau selbst hat schon ausgesprochen, daß eine planmäßige anatomische Untersuchung sicherlich wichtige Resultate in systematischer Beziehung ergeben würde. Er hat hierbei allerdings in erster Linie

[1]) Englers Jahrb. XII (1890); Pflanzenreich Heft 25 (1906).

[2]) Buchenau, Kritische Zusammenstellung europäisch. Juncaceen. Englers Bot. Jahrb. VII (1886) 153.

an die Blattspitzen von *Juncus* gedacht, von denen er selbst nur wenige als erster in einigen Punkten anatomisch beschrieben hat. Hierbei fand er so bemerkenswerte Verhältnisse, daß der Gedanke nahe lag, die vergleichende Anatomie zur systematischen Gruppierung zu benutzen. Gestützt auf Buchenaus Monographie habe ich deshalb mir die Aufgabe gestellt, auf Grund vergleichend anatomischer Untersuchungen Buchenaus System anatomisch nachzuprüfen, durch Gewinnung neuer Merkmale zu erweitern oder zu stützen.

In neuerer Zeit hat Blau[1]) anatomische Untersuchungen angestellt, um eventuelle Reaktionen auf Verschiedenheit der Standortsverhältnisse zu finden. Da er sich hierbei aber auf die in der Schweiz vorkommenden Arten der Gattung *Juncus* beschränkte und auch die so merkwürdigen Blattspitzen überhaupt nicht untersuchte, konnte seine Arbeit nur in sehr beschränktem Umfange verwertet werden.

Ich selbst habe sämtliche europäische Arten der Gattung *Juncus* untersucht, wobei ich mich hauptsächlich auf die Blätter bezw. die stengelähnlichen Laubblätter (die sogenannten sterilen Stengel) beschränkte, weil es sich bald mit Sicherheit herausstellte, daß diese Vegetationsorgane in der Ausbildung ihrer Gewebesysteme, sowie im Bau der Blattspitzen so deutliche und charakteristische Unterschiede besitzen, daß eine vergleichend anatomische Gruppierung der Gattung nicht allzuschwer durchzuführen war.

Das zur Untersuchung benutzte Material stammte zum großen Teile aus dem Herbar des Königl. Botanischen Museums in Breslau; einzelne im Breslauer und Berliner Botanischen Garten kultivierte Arten wurden frisch studiert, ferner reichlich frisches und in Alkohol konserviertes Material, das ich selbst in Schlesien, den bayerischen Alpen, in Tirol und in der Hohen Tatra sammelte. Einige wenige Arten

[1]) Blau, Vergleichend-anatomische Untersuchung der schweizerisch. *Juncus*-Arten. Zürich 1904.

sandte mir Oberstabsarzt Dr. Grüning aus Italien und von Langeoog. Hier seien zunächst die untersuchten Spezies genannt.

Subulati. 1) *J. subulatus* Forsk. (Spanien.)

Poiophylli. 2) *J. tenagea* Ehrh. (Oberlausitz, Elsaß.)

3) *J. bufonius* L. (Schlesien, Ostpreußen, Bayern, Oberösterreich.)

4) *J. sphaerocarpus* Nees. (Oberungarn.)

5) *J. trifidus* L. (Hohe Tatra, bayrische Alpen.)

6) *J. squarrosus* L. (Schlesien, Hessen.)

7) *J. compressus* Jacq. (Schlesien, Litthauen, Bayern, Hohe Tatra, Tirol.)

8) *J. Gerardi* Loisel. (Langeoog.)

9) *J. tenuis* Willd. (Schlesien, Sachsen, Hohe Tatra.)

Genuini. 10) *J. Jacquini* L. (Lebendes Material aus dem Breslauer und Berliner Botanischen Garten, sowie aus Tirol.) 11) *J. filiformis* L. (Hohe Tatra, bayrische Alpen.) 12) *J. glaucus* Ehrh. (Schlesien, Hohe Tatra, bayrische Alpen). 13) *J. effusus* L. (Schlesien, Hohe Tatra, bayrische Alpen.) 14) *J. effusus* × *glaucus* (*J. diffusus* Hoppe). (Botan. Garten Breslau.) 15) *J. Leersii.* (Schlesein, Hohe Tatra, Tirol.) 16) *J. balticus* Willd. (Berliner Botan. Garten, Pommern, Ost- und Westpreußen.) 17) *J. balticus* × *filiformis* (*J. balticus var. inundatus* Drejer). (Dänemark.) 18) *J. arcticus* Willd. (Breslauer Botan. Garten.)

Thalassii. 19) *J. acutus* L. (Italien, Kleinasien.)

20) *J. maritimus* Lam. (Schleswig-Holstein, Oldenburg, Nordseeinseln.)

Septati. 21) *J. obtusiflorus* Ehrh. (Mähren, Niederösterreich, bayrische Voralpen.) 22) *J. supinus* Mönch. (Schlesien, Böhmen, Tirol, Pyrenäen.)

23) *J. heterophyllus* Dufour. (Südfrankreich.)

24) *J. pygmaeus* Rich. (Holstein.)

25) *J. valvatus* Link. (Portugal.) 26) *J. acutiflorus* Ehrh. (Schlesien, Westfalen.) 27) *J. Fontanesii* Gay (Italien.)

28) *J. atratus* Krocker. (Schlesien, Böhmen.)

29) *J. striatus* Schousb. (Spanien, Südfrankreich.)
30) *J. Thomasii* Ten. (Siebenbürgen, Bulgarien.)
31) *J. alpigenus* K. Koch. (Bulgarien.)
32) *J. alpinus* Vill. (Schlesien.)
33) *J. anceps* Lah. (Nordseeküste.) 34) *J. lamprocarpus* Ehrh. (Schlesien, Hohe Tatra, bayrische Alpen.) 34a) *J. lamprocarpus* var. *maritimus* Ehrh. (Nordseestrand.)
35) *J. lamprocarpus* × *alpinus*. (Schlesien.)

Alpini. 36) *J. biglumis* L. (Norwegen.) 37) *J. triglumis* L. (Tirol.) 38) *J. stygius* L. (Oberbayern.) 39) *J. castaneus* Sm. (Schweiz, Norwegen, Lappland.)

Graminifolii. 40) *J. capitatus* Weig. (Schlesien.)

I. Gewebesysteme.

1. Das Hautsystem. Die Epidermis ist stets einschichtig. Nur selten findet sich unter ihr, und zwar auf der Oberseite des Blattes, ein farbloses Hypoderm aus + großen, blasenförmigen, parenchymatischen Zellen, das aber kaum dermatogenen Ursprungs ist. Es findet sich nur bei einigen flachblättrigen Arten, wie *J. trifidus* und *squarrosus*, auch bei *J. castaneus* in geringer Ausdehnung. Seit langem bekannt sind die eigentümlichen Epidermiszellen der Oberseite der flachblättrigen *Juncus*-Arten. Duval-Jouve[1]) nennt sie „Cellules bulliformes," Tschirch[2]), der ihre Funktion genauer studierte, Gelenkzellen, weil sie dazu dienen, bei Wasserverlust durch Einrollen der Blattränder das darunter liegende Gewebe zu schützen. Sie sind erheblich größer als die Epidermiszellen der Unterseite, übertreffen diese an Flächeninhalt nach meinen Messungen im Querschnitt 15 bis 40 mal; deshalb erscheinen sie dünnwandig, haben aber in Wirklichkeit mindestens ebenso dicke Membranen wie die übrigen Epidermiszellen; ja ihre Außenwand ist meist noch um etwa 3 μ stärker als die der Unterseite. Bemerken möchte ich schon hier, daß solche Gelenkzellen sich regelmäßig auch an einer bestimmten Stelle bei Querschnitten von *J. Jacquini* finden, ebenso in Querschnitten aus Blattpartien dicht über den Blattscheiden bei einigen *J. septati* (*J. pygmaeus*, *supinus*).

In der Regel sind die Zellen der Epidermis auf dem Querschnitt sehr gleichmäßig in ihrer Form und Größe. Eine erwähnenswerte Ausnahme bildet *J. alpinus*, dessen Epidermiszellen recht variabel sind.

---

[1]) Duval-Jouve, l. c. Bull. Soc. bot. France XVIII 234.
[2]) Tschirch, l. c. Pringsh. Jahrb. XIII. 550.

Regelmäßig sind ferner bei *J. glaucus* und *J. glaucus* × *effusus* die Epidermiszellen über den subepidermalen Trägern fast doppelt so hoch als über den weichen Mesophyllpartien. Das umgekehrte Verhalten (nur etwa halbe Höhe) zeigen konstant die Epidermiszellen über den subepidermalen Trägern der Leitbündel bei *J. effusus*, *Leersii* und *filiformis*; weniger deutlich ausgeprägt und konstant ist diese Erscheinung bei *J. Jacquini*, sowie bei den Epidermiszellen über dem subepidermalen Bast der *Junci poiophylli*.

Stets besitzt die Epidermis eine kräftige Cuticula. Bei Behandlung von Querschnitten mit konzentrierter Schwefelsäure, sowie bei Färbungen mit Jod und Schwefelsäure ergaben sich als Grenzwerte für die Dicke der eigentlichen Cuticula 1 μ und 4 μ. Doch erwiesen sich auch die darunter liegenden Schichten der Außen- und Seitenwände noch + stark kutinisiert. Überhaupt sind die Wände der Epidermiszellen auf Druckfestigkeit hin gebaut. Die Dicke der gesamten Außenwand schwankt zwischen 4 und 12 μ. Die Seitenwände (des Querschnitts) sind in der Regel knapp halb so stark als die Außenwände, besonders in ihren äußeren Partien, die Innenwände gewöhnlich schwächer als die Seitenwände. Über den Seitenwänden der Epidermis sieht man auf Querschnitten von *J. triglumis* und *J. stygius* kleine Erhebungen, d. h. Leisten, die sich bei Behandlung mit Reagentien als stark kutinisiert erweisen.

Die radialen Längswände zeigen auf Flächenabschnitten sehr oft schöne, regelmäßige Wellungen, von denen auf Blattquerschnitten natürlich nichts zu beobachten ist. Abweichend von diesen auch sonst häufig erscheinenden Verzahnungen der Radialwände treten Wellungen derselben in zentripetaler Richtung bei den Gelenkzellen einiger *J. poiophylli* auf, so bei *J. bufonius*, *tenagea*, *sphaerocarpus*, auch öfter bei *J. compressus*. Die Radialwände dieser Zellen gewähren dann in extremen Fällen ganz den Anblick der Faltenwände eines Blasebalgs. Die Einrichtung spielt zweifellos eine wichtige Rolle bei den starken Turgor-

schwankungen der Gelenkzellen. Interessant ist es, daß ich diese Art der Faltung an den Radialwänden des Hypoderms von *J. trifidus* und *squarrosus* nie vorfand.

Sehr merkwürdig und nicht sogleich zu verstehen sind tüpfelartige Erscheinungen auf Flächenschnitten der Epidermis. Sie treten sehr regelmäßig als kleine Kreise in den Ausbuchtungen der wellenförmigen Radialwände auf und erscheinen ähnlich wie Luftblasen heller bei tiefer und dunkler bei höherer Einstellung des Mikroskops. Nach Ambronn[1]) entstehen sie durch ungleichmäßige Verdickungen in den nach außen zu gelegenen Teilen der Radialwände, sowie der daran anstoßenden Außenwände.

Trichome habe ich an der Epidermis nicht beobachtet. Nur bei *J. trifidus* fanden sich auf der Blattoberseite, besonders in der Nähe der Blatträndern, unter den bei dieser Spezies nicht besonders großen Gelenkzellen einige, die zu einer kurzen Papille ausgewachsen waren, wobei die Papille selbst durch eine Außenwand abgetrennt war. So sitzt dann über der eigentlichen Epidermiszelle eine kleine Zelle mit halbkugelförmigem Lumen.

Die Form der Epidermiszellen ist bei den einzelnen Arten recht verschieden. Zur Trennung der Spezies sind zu beachten der Verlauf der Cuticula bezw. der Außenwand außen und innen, der Winkel zwischen Außen- und Seitenwand, die Stärke der Seitenwand in ihren äußeren und inneren Partien, endlich das Verhältnis der Höhe des Zellumens zu seiner Breite. Ich habe die Epidermiszellen nach den Größenverhältnissen des Lumens in zwei Grundtypen geordnet. Jeder von den beiden umfaßt wieder mehrere abgeleitete Typen.

Erster Grundtypus: Das Lumen der Zellen, auf dem Querschnitt gesehen, ist breiter bis etwa ebenso breit als hoch.

Zweiter Grundtypus: Das Lumen der Zellen ist auf dem Querschnitt deutlich höher als breit, zuweilen mehr

[1]) H. Ambronn, Über Poren in den Außenwänden v. Epidermiszellen. Pringsh. Jahrb. XIV (1884) 82.

als doppelt so hoch; die Zellen erscheinen also deutlich radial gestreckt.

Danach ergeben sich folgende neun konstante, gut erkennbare Typen:

Typus I. Das Zellumen ist wie im ersten Grundtypus. Die Außenwand mit der Cuticula verläuft außen eben, innen sanft nach außen geschwungen. Die Grenzlinie zwischen Außen- und Seitenwand ist sanft gerundet, die Seitenwände erscheinen in ihrem Verlauf etwa gleich stark.

Typus Ia. Wie Typus I, aber an der Außenwand ist die Cuticula über jeder Zelle deutlich nach außen vorgewölbt, ihr Gesamtverlauf also schön wellig (*J. Jacquini*).

Typus Ib. Wie Typus I, aber die Außenwand ist nach innen zu, d. h. in das Zellumen hinein, vorgewölbt; daher wird die Grenzlinie zwischen Außen- und Seitenwand + scharf spitzwinklig (*J. squarrosus*).

Typus Ic. Wie Typus I, aber die Grenzlinie zwischen Außen- und Seitenwand ist deutlich rechtwinklig, der Verlauf der gleichmäßig dicken Seitenwände gradlinig; ebenso verläuft der innere Rand der Außenwand meist völlig gerade; die Citicula zeigt im Querschnitt des Blattes schwach wellige Außenkonturen (*J. trifidus*).

Typus Id. Wie Typus I, aber die Außenwand zeigt über den Seitenwänden im Querschnitt kleine knopfartige Verdickungen (*J. triglumis*).

Typus II. Das Zellumen ist wie im 2. Grundtypus angegeben; alles übrige entspricht Typus I.

Typus IIa. Wie Typus II, nur ist die Außenwand mit der Cuticula über jeder Zelle wie bei Typus I a deutlich nach außen vorgewölbt (*J. tenagea, supinus* u. a.).

Typus IIb. Wie Typus II, aber die Seitenwände erscheinen nach außen zu deutlich keulig verdickt (*J. obtusiflorus*).

Typus IIc. Wie Typus II, aber die Außenwand zeigt über den Seitenwänden kleine im Querschnitt knopfartig

erscheinende Erhebungen, und die Grenzlinie zwischen Seiten- und Außenwand erscheint | deutlich rechtwinklig (*J. stygius*).

2. Das Assimilationssystem. Die größte Mehrheit der Arten zeigt isolateralen Bau des Mesophylls. Natürlich sind zunächst alle zylindrischen oder rundlichen Blätter isolateral; aber auch die flachblättrigen Formen sind fast sämtlich isolateral zu nennen, wenn wir nur die Ausbildung des Assimilationsgewebes der beiden Seiten beachten; denn sonst müßten diese Formen wegen der Verschiedenheit ihrer Epidermiszellen und wegen des Fehlens der Spaltöffnungen auf der Oberseite natürlich als bifacial bezeichnet werden. Eine Ausnahme hiervon bilden *J. squarrosus* und *trifidus* mit dem schon früher erwähnten Hypoderm. (S. 10.) Die Form der Assimilationszellen zeigt große Mannigfaltigkeit. Alle Übergänge von der extrem langgestreckten Palisadenzelle bis zu rundlichen Gestalten sind bei den verschiedenen Arten anzutreffen.

Innerhalb der einzelnen Art aber bleibt die Form der Assimilationszellen bezüglich des Verhältnisses von Länge, Breite und Höhe auch bei recht verschiedenen Standortsverhältnissen sehr konstant. Selten treten merkliche einseitige Verlängerungen oder Verbreiterungen auf. Das erstere beobachtete ich bei *J. Leersii* an Individuen, die in etwa 1100 m Höhe auf quelligem, kiesigem Standorte am Kitzbühler Horn bei starker Insolation wuchsen; das Gegenteil zeigten einige Pflanzen von *J. glaucus*, die an stark beschatteten, sumpfigen Waldstellen bei Gnadenfrei in Schlesien gesammelt wurden.

Ganz selten stellt sich nach Blau[1]) bei starker Insolation eine deutliche Vermehrung der Zahl der Palisadenschichten selbst ein. Dagegen treten mäßige Verlängerungen mit gleichzeitiger Verbreiterung oder Verkürzung mit paralleler Verschmälerung der Zellen, sowie Übergang vom Palisadencharakter zum Schwammparenchym nicht so

[1]) Blau, l. c. 21.

selten auf. Sie sind offenbar als Reaktionen auf erhebliche Verschiedenheit der Standortsverhältnisse aufzufassen; doch bleibt auch in diesen Fällen das charakteristische Gesamtbild des Gewebes gut erhalten.

Auffällig ist ferner die herrschende Lückenlosigkeit der Zellen. Insbesondere stoßen die Zellen der beiden äußersten Schichten des Assimilationsgewebes, wenn sie typische Palisaden sind, fast ganz ohne Interzellularen aneinander; nur dort, wo die Zellen nicht gestreckte, sondern ± quadratische oder polygonale Form haben, sind stets sehr enge Interzellularen in den aneinanderstoßenden Ecken ausgebildet. Ferner treten in diesen Schichten nicht selten kleine Interzellularen auf, die sich in einer mittleren Region der Seitenwände bilden, so daß sie offenbar nicht von der Peripherie nach dem Zentrum hin eine Luftverbindung herstellen, sondern kleine Lufträume parallel der Längsachse der Organe bilden.

Der feste Verband der Zellen des Assimilationsgewebes macht es verständlich, daß damit sogar mechanische Zwecke erreicht werden, indem das Gewebe im Zustande der Turgescenz feste, gegen seitlichen Druck widerstandsfähige Brücken zwischen den eigentlichen mechanischen Elementen bildet. Schon Schwendener[1]) hat das betont, ja bei *J. effusus*, *acutus* u. a. nachgewiesen, daß die grünen Zellen der Blätter bezw. Stengel sich direkt zu Linien des größten Drucks ordnen und dann so funktionieren wie Gewölbebogen zwischen Säulen oder Trägern oder Brückenpfeilern.

Wegen der ziemlich großen Mannigfaltigkeit in der Ausbildung des Assimilationsgewebes habe ich darauf verzichtet, besondere Typen aufzustellen, da diese einerseits zu zahlreich, andererseits wegen der nicht seltenen Übergangsformen zu wenig scharf umschrieben wären. Trotzdem kann auch dieses Gewebe mit Nutzen zur Unterscheidung der Arten verwendet werden.

---

[1]) Schwendener, l. c. 85—88.

3. Das Speichergewebe. Hierher sind zu rechnen die im allgemeinen großzellige Epidermis, ganz besonders natürlich die „Cellules bulliformes“ oder Gelenkzellen der Oberseite, sowie das vereinzelt darunter ausgebildete farblose Hypoderm bei *J. squarrosus*, *trifidus* und *castaneus*.

Ferner ist stets das farblose Parenchym, in das die Gefäßbündel gewöhnlich eingebettet liegen, als wasserspeicherndes Gewebe anzusprechen. Endlich sind hier zu erwähnen die typischen Speichertracheiden unter den Wasserspalten der Blattspitzen.

4. Das Durchlüftungssystem. Die großen Interzellularen oder Luftgänge entstehen auf lysigenem Wege. Meist bleiben dabei einzelne quer verlaufende „spinnwebige Reste“ übrig, die ziemlich konsistent sein müssen, da sie sich bei Querschnitten von altem Herbarmaterial oft vorfinden.

Die Lage der Luftgänge ist verschieden. Entweder bilden sie sich im Radius der größten Leitbündel (innerste Reihe), wie bei *J. glaucus*, *J. squarrosus*, oder sie sind, viel häufiger, zwischen den Leitbündeln ausgebildet (viele *J. septati*, *poiophylli*, *J. effusus*, *Leersii* u. a.).

Die spätere Markhöhle ist in ganz jungen Blättern stets von parenchymatischem, lockerem, interzellularreichem Gewebe aus zarten Zellen vollständig erfüllt. Mit zunehmendem Alter tritt analog der Streckung der Organe eine weitgehende Umbildung ein. Entweder folgen die Markzellen, wenn sie zart sind und nur lose zusammenhängen, der starken Streckung nicht, zerreißen vielmehr und schwinden, sodaß wir dann völlig leere Markhöhlen bezw. solche mit „spinnwebigen Fetzen“ erblicken, oder aber die Markzellen folgen in bestimmter Weise dem Wachstum, und dann bildet sich das so zierliche Sternmark, dessen Entstehung Buchenau[1]) sorgfältig untersucht hat. Er sagt: „Sind die (Mark-) Zellen dickwandiger und haften sie fester aneinander, dann entstehen oft zierliche Formen. Greifen die

[1]) Buchenau, l. c. Pflanzenreich 20.

wohl stets vorhandenen Interzellularen etwas in das Zellumen hinein, so sind die Markzellen nur an den Ecken schwach ausgebuchtet. Dehnt sich aber der Stengel nach allen Richtungen stark aus, sind die Markzellen zähe und an den Verwachsungsstellen fest verbunden, so greifen die Interzellularräume immer tiefer in die Zellen hinein und die letzteren werden zu Sternen mit anfangs dicken, später oft sehr schlanken Strahlen. Vermag aber die Elastizität der Markstrahlen dem starken Längenwachstum des Stengels nicht zu folgen, so reißt das sternförmige Mark in horizontale, durch Luftlücken getrennte Schichten auseinander (*J. glaucus*)." „Von diesen Markschichten völlig verschieden sind die Querwände (Septen, Diaphragmen), welche in den Stengeln und Blättern vieler *Juncus*-Arten vorkommen. Sie sind flache oder meniskenförmige Scheiben, welche durch Geflechte von Gefäßbündeln gebildet werden. In den Maschen dieser Geflechte liegen Parenchymzellen mit großen Interzellularen[1])." Die Diaphragmen trennen die Luftkammern + vollständig von einander, sind aber, wie Göbel[2]) gezeigt hat, für Luft vollständig durchlässig, während sie Wasser nur schwer oder gar nicht durchlassen.

Die Spaltöffnungsapparate bestehen aus vier Zellen, den zwei typischen Schließzellen und zwei dem Spalt parallel liegenden Nebenzellen, die sich anatomisch stets deutlich von den übrigen Epidermiszellen unterscheiden. So fand ich die Verhältnisse bei sämtlichen untersuchten Arten. Sehr merkwürdig und auf den ersten Blick nicht sofort verständlich erscheint der Bau der Spaltöffnungsapparate des *J. subulatus*. Zunächst erhält man den Eindruck, als ob vier Nebenzellen vorhanden wären, zwei in normaler Lage, den gewöhnlichen Nebenzellen der Gattung *Juncus* entsprechend, und zwei höhere, jede von stark gebogener Form in der Flächenansicht, d. h. in der Mitte stark ausgehöhlt. Dadurch bilden die beiden zusammen einen Spalt, der sich

[1]) Buchenau, l. c. Pflanzenreich 21.

[2]) Göbel, Pflanzenbiologische Schilderungen. II. (1895) 384.

mit der Zentralspalte des Spaltöffnungsapparates senkrecht kreuzt. In Wirklichkeit handelt es sich aber, wie eingehendere Untersuchungen an Quer- und Längsschnitten ergeben, hier nicht um zwei akzessorische Nebenzellen, sondern um eigenartige Cuticularleisten. Die Schließzellen mit den beiden Nebenzellen sind tief eingesenkt, wie bei *J. acutus*. So entsteht eine äußere Atemhöhle. Sie erscheint aber, von der Fläche gesehen, nicht quadratisch oder viereckig, wie bei *J. acutus*, sondern die Schließzellen selbst bilden über dem Spaltöffnungsapparate zwei der Zentralspalte parallel orientierte, mächtige Cuticularleisten, die mit der Wandung der die äußere Atemhöhle begrenzenden Epidermiszellen fest verwachsen sind. Daher ergibt sich bei oberer Einstellung, aber nur bei Beobachtung der Flächenschnitte, der Eindruck zweier in einem höheren Niveau gelegener Zellen. Die Cuticularleisten selbst sind stark halbmondförmig gebogen, an der der Zentralspalte abgewendeten Seite aber entsprechend dem Verlauf der benachbarten Epidermiszellen geradlinig begrenzt. Sie bilden einen Hohlraum über der eigentlichen Spaltöffnung, der mit relativ engem Spalt nach außen mündet. Dieser Spalt verläuft senkrecht zur Zentralspalte der Spaltöffnung.

Im übrigen zeigt der Bau der Spaltöffnungen wenig Modifikationen. In der Regel liegt sein oberer Rand in gleicher Höhe mit der Cuticula, seltener ist er kurz bogenförmig vorgewölbt, noch seltener tief eingesenkt. Das Letztere fand sich nur bei *J. acutus* und *subulatus*. Die Schließzellsn sind stets klein, bilden einen kleinen Vorhof, meist auch einen ähnlich gebauten Hinterhof, der nur selten (*J. bufonius*) fehlt. Die Cuticula zieht sich um den ganzen Apparat herum bis an die Stelle im Innern der Atemhöhle hin, wo die Innenwand der Nebenzellen an die benachbarten Epidermiszellen anstößt. Sie bildet stets über dem Vorhof einen deutlichen Schnabel, gewöhnlich auch unter dem Hinterhof eine merkbar vorspringende Leiste.

Das Lumen der Schließzellen ist in der Mehrheit der Fälle typisch dreieckig, klein, mit den verbreiteten seitlichen

Hautgelenken. Seltener sind die Schließzellen im ganzen ± dünnwandig, also weitlumig und dementsprechend ohne ausgeprägtes seitliches Hautgelenk, oder, wenn man es so nennen will, mit allseitigem Hautgelenk (*J. bufonius*, *tenagea* u. a.) Die Nebenzellen sind stets ringsherum + dünnwandig, übertreffen an Höhe fast immer die Schließzellen bedeutend, erweitern auch meist ihr Lumen nach unten + blasenförmi gund greifen weit unter die Schließzellen herum einander entgegen, so eine Art vorderer, innerer Atemhöhle bildend. Oben bezw. außen zeigen sie entweder ± spitze Form, also enges Lumen (schmales äußeres Hautgelenk) oder rundliche Form mit weitem Lumen (breites äußeres Hautgelenk).

Die Zentralspalte verläuft immer parallel der Längsachse der Organe, also senkrecht zur Schrumpfungsrichtung. Die Spaltöffnungen liegen in Längsreihen, bei den Arten mit subepidermalem Bast zwischen den Trägern. Die Atemhöhle ist, abgesehen von einigen Arten der *J. genuini* und der *thalasii*, stets groß zu nennen. Die sie einschließenden Zellen des Mesophylls lassen immer die Nebenzellen völlig frei; sie sind nämlich stets erst an der ersten oder in der Lücke zwischen der ersten und zweiten normalen Epidermiszelle angewachsen. Oft haben auch die Randzellen der Atemhöhle verdickte Wände, besonders stark bei *J. acutus*.

Meist ist der Spaltöffnungsapparat auffallend klein im Verhältnis zu den angrenzenden Epidermiszellen. Nur selten erscheint er größer als die Hälfte dieser Zellen. Die Zahl der Spaltöffnungen ist keineswegs groß. Verschiedene Messungen ergaben als Minimum etwa 24, als Maximum 210 auf das Quadratmillimeter; die Mehrzahl der daraufhin untersuchten Arten wies 40—70 Spaltöffnungen in einem Quadratmillimeter auf. Nach Blau[1]), der ihre Zahl auch wiederholt festgestellt hat, variiert sie bei verschiedenen Standortsverhältnissen nicht unbedeutend.

---

[1]) Blau, l. c. 27, 28.

Drei Typen von Spaltöffnungen lassen sich unterscheiden:

Typus I. Schließzellen normal, mit kleinem, dreieckigen Lumen, Nebenzellen mit schmalem äußeren Hautgelenk.

Typus II. Schließzellen mit weitem rundlichen Lumen. ± ringsum dünnwandig, Nebenzellen mit breitem äußeren Hautgelenk.

Typus III. Schließzellen wie bei Typus I. Nebenzellen wie bei Typus II.

5. Das Leitungssystem. Die regelmäßige Anordnung der Leitbündel ist die in Ringlagen, deren gewöhnlich drei deutlich zu unterscheiden sind. Die größten Bündel bilden stets die innerste Reihe, die kleinsten liegen im äußersten Kreise, der Epidermis am nächsten. Bei *J. acutus* und *maritimus* sind, wie schon gesagt, innerhalb der Reihe der größten Bündel noch eine Anzahl kleinerer Bündel + weit und unregelmäßig ins Innere hinein verschoben. Die einzelnen Bündel zeigen echte Monokotylenform: das Hadrom hat die charakteristische Gestalt einer Sichel oder eines V, das Leptom dementsprechend rundlich-eliptische oder Doppelkegelform. Stets zeigt das Hadrom nach den Sichelenden zu mindestens je ein großes Tüpfelgefäß; in der Mitte zwischen diesen großen Gefäßen tritt neben den stets vorhandenen kleineren Ring- und Spiralgefäßen zuweilen eine Partie zarter Parenchymzellen auf, die dann bei Pflanzen sehr feuchten Standorts einen Luftgang von wechselnder Größe einschließen. Die größten Bündel haben immer einen Bastring, der in der Mitte durch schwächer verdickte, weitlumige, große Zellen die Verbindung des Bündels mit der Umgebung herstellt.

Die Schutzscheide ist besonders um das Leptom herum nicht selten deutlich zu sehen. Schwendener[1]) vermutet diese Schutzscheide durchgehends bei allen Juncaceen. Ich habe sie nur bei den *J. septati* und *alpini* stets

[1]) Schwendener, l. c. 17.

deutlich ausgebildet gefunden: für einige *J. genuini* und *poiophylli* blieb das Vorhandensein zweifelhaft. Dagegen ist die parenchymatische Stärkescheide fast ausnahmslos deutlich und gut ausgebildet.

6. Das mechanische System. Hierher sind in erster Linie zu rechnen alle typischen Bastbildungen, also die Bastbeläge der Leitbündel und die subepidermalen Träger und Blattrandbündel; in zweiter Linie werden freilich auch andere Gewebe des Blattes, so die Epidermis und das Mesophyll, zu mechanischen Aufgaben herangezogen.

Die Gefäßbündel liegen nur selten ganz im assimilierenden Gewebe; meist berühren sie nur mit ihrem Siebteil die grünen Zellen; alsdann ist ihr übriger Teil eingebettet in große, kräftig verdickte, farblose, nur Luft oder Wasser enthaltende Zellen von polygonaler oder rundlicher Gestalt mit einfachen Tüpfeln. Dieses Speichergewebe von wechselnder Mächtigkeit zeigt im Gegensatz zum assimilierenden Mesophyll kleine Interzellularen in den aneinander stoßenden Ecken. Es vertritt bei den stengelähnlichen Laubblättern der *J. genuini*, *thalassii* und des *J. obtusiflorus* den zentralen, durch seitliche Verschmelzung der Leitbündelbeläge entstandenen Bastzylinder, den die Stengel der übrigen *Juncus*-Arten zeigen. Der beschriebene mechanische Parenchymzylinder der *J. genuini* tritt als zweiter mechanischer Ring zu dem peripherisch gelegenen der subepidermalen Bastträger hinzu.

Die mechanischen Einrichtungen der *Juncus*-Arten zeigen also, daß die Stengel und Laubblätter hauptsächlich auf Biegungsfestigkeit gebaut sind. Dabei lassen sich folgende Typen unterscheiden, die durchaus artenkonstant sind und in erster Linie zu einem Bestimmungsschlüssel sich verwenden lassen. Die verschiedenen Modifikationen sind folgende:

a) Grundtypus I. Die stets zylindrischen Blätter zeigen subepidermalen Bast, der im Radius der Gefäßbündel liegt, wobei er bald mit, bald ohne Verbindung mit den Leitbündeln erscheint. Hierher gehören folgende abgeleitete Typen:

Typus Ia. Der subepidermale Bast ist regelmäßig über allen Leitbündeln ausgebildet, und zwar stehen über den größten Bündeln die kleinsten Träger von Kegelform ohne Verbindung mit den Leitbündeln; die säulenförmigen Träger der mittleren und kleinen Bündel aber treten meist mit den Bastbelägen derselben in Verbindung. Die Epidermis ist über den subepidermalen Trägern nicht vorgewölbt (*J. effusus*).

Typus Ib. Der subepidermale Bast erscheint regelmäßig nur über den größten und mittleren Bündeln, selten auch über den kleinen der äußeren Reihe. Ferner sind in der Regel nur die Träger über den mittleren Leitbündeln, seltener auch die über den kleineren mit den Bastsicheln derselben verschmolzen, zeigen auch nicht gleich dicke Säulenform wie bei Typus I a, sondern sind oben ± deutlich kegelförmig. Die Träger über den größten Leitbündeln gleichen in allem völlig denen bei Typus I a; überhaupt ist Typus I b dem Typus I a ziemlich ähnlich, unterscheidet sich aber sicher von ihm dadurch, daß die Epidermis über den subepidermalen Trägern der größeren Bündel stets deutlich vorgewölbt ist (*J. Leersii*).

Typus Ic. Die subepidermalen Träger sind regelmäßig nur über den größten Leitbündeln der inneren Ringlage ausgebildet; sie zeigen deutliche Kegelform, sind drei- bis viermal mächtiger als die entsprechenden Träger bei Typus I a und I b, verschmelzen aber gleichwohl noch nicht mit den Bastbelägen der Leitbündel; über den Leitbündeln der mittleren Reihe treten nur ganz vereinzelt schwache subepidermale Bastgruppen auf. Die Epidermis ist über den vorhandenen großen Bastträgern stets deutlich vorgewölbt (*J. glaucus*).

Typus Id. Vorkommen und Lage der subepidermalen Träger ist wie bei Typus I c, jedoch sind die Träger nicht kegelförmig, sondern oben stark verbreitert, also typisch T-förmig, auch mit den Bastsicheln der Leitbündel oft verschmolzen. Die Epidermis ist über den Trägern nicht vorgewölbt; es fehlt auch öfter über dem

einen oder anderen großen Leitbündel der T-Träger ganz (*J. Jacquini*).

Typus Ie. Die Lage der subepidermalen Träger ist ähnlich der von Typus I b; sie sind jedoch nur schwach als kleine Wülste von Kugelkappenform ausgebildet und verschmelzen nie mit den Bastbelägen der Leitbündel Die Epidermis ist über den Trägern vorgewölbt (*J filiformis*).

Typus If. Außer den drei typischen Ringlagen der Leitbündel treten noch zahlreiche andere Gefäßbündel bis ins Zentrum der Markhöhle hinein zerstreut auf. Über allen Leitbündeln der drei typischen Ringlagen sind gleichmäßig starke, kegelförmige subepidermale Träger dicht aneinander ausgebildet (*J. acutus, maritimus*).

b) Grundtypus II. Der subepidermale Bast erscheint niemals als selbständiger Träger über den Leitbündeln, sondern ist nur als Blattrandbündel ausgebildet oder dadurch entstanden, daß die Bastbeläge der Leitbündel sich bis an die Epidermis erstrecken. Hierher sind folgende abgeleitete Typen zu ziehen:

Typus IIa. Neben Blattrandbastbündeln zeigt dieser Typus auch eine Verbindung der Bastbeläge der Leitbündel mit der Epidermis der Unterseite (*J. compressus* u. a.).

Typus IIb. Es treten nur Blattrand-Bastbündel auf, die Verbindung der Bastbeläge der Leitbündel mit der Epidermis unterbleibt (*J. tenagea* u. a.).

Typus IIc. Niemals sind Blattrand-Bastbündel vorhanden; dagegen treten stets Verbindungen der Leitbündel-Bastbeläge mit der Epidermis ein, und zwar ist das im Gegensatz zu Typus II a auch nach der Epidermis der Oberseite hin möglich (*J. trifidus*).

c) Grundtypus III. Subepidermaler Bast fehlt völlig. Die Bündel der inneren Reihe, also die größten, springen teilweise weit und unregelmäßig in die Markhöhle hinein vor und sind dann stets durch konsistente Parenchymbrücken verbunden, während das übrige Markgewebe schwindet. Die Markhöhle erscheint also deutlich mehrröhrig. Hierher gehören folgende abgeleitete Typen:

Typus IIIa. Die Markhöhle zeigt mehr als drei Röhren (*J. supinus* u. a.).

Typus IIIb. Die Markhöhle ist dreiröhrig (*J. stygius* u. a.).

Typus IIIc. Die Markhöhle ist zweiröhrig (*J. alpinus* u. a.).

d) Grundtypus IV. Niemals tritt subepidermaler Bast auf. Die Leitbündel sind sehr regelmäßig in drei periphere Ringlagen geordnet. Die großen inneren Bündel sind nur sehr selten etwas aus der peripheren Lage nach innen verschoben, ohne jedoch durch Parenchymbrücken verbunden zu sein; die Markhöhle ist dementsprechend stets einröhrig. Hierher gehören zwei abgeleitete Typen, die sich nur durch die Querschnittsform der Blätter unterscheiden.

Typus IVa. Blätter im Querschnitt rundlich oder zylindrisch (*J. lamprocarpus* u. a.).

Typus IVb. Blätter flach, grasartig (*J. capitatus*).

e) Grundtypus V. Wie Grundtypus IV, doch zeigen die Blätter außerdem über den Leitbündeln — kegelförmige Erhebungen oft von bedeutender Höhe (100 bis 300 μ), die entweder nur aus Epidermiszellen bestehen, oder in ihrem unteren Teil auch grünes Mesophyll einschließen, dann also den Charakter von Emergenzen aufweisen. Hierunter fallen vier Typen.

Typus Va. Die Epidermiszellen bezw. Emergenzen, im ganzen 6 bis 8, stehen nur über der Mehrzahl der Leitbündel der inneren Reihe, also über den größten Gefäßbündeln; sie sind rundlich kegelförmig und erreichen nur eine Höhe von 80—120 μ (*J. atratus*).

Typus Vb. Die Epidermiskegel, im ganzen 10—13, sind nicht nur höher (120—180 μ), sondern vor allem spitzer als bei Typus V a und stehen im Gegensatz dazu über allen Leitbündeln der inneren Reihe und einigen der mittleren (*J. Thomasii*).

Typus Vc. Die Epidermiskegel entsprechen nach Höhe und Form ganz denen von Typus V b; sie stehen aber ausnahmslos über allen Leitbündeln der inneren und mittleren Reihe, sodaß sehr regelmäßig jedes zweite Leitbündel des Querschnitts einen Kegel über sich hat; die Gesamtzahl derselben ist 15—18 (*J. alpigenus*).

Typus Vd. Die Epidermiskegel, oft von bizarrer Form und einer Höhe bis zu 300 μ, erheben sich über sämtlichen Bündeln aller drei Ringlagen von Leitbündeln; ihre Gesamtzahl schwankt deshalb zwischen 21 und 36 (*J. striatus*).

7. Bau der Blattspitze. Die Spitze der *Juncus*-Blätter besitzt eine morphologische Eigentümlichkeit; sie zeigt auch bei den flachen und rinnigen Blattformen keinen Unterschied der Seiten; die Spitzen sind nämlich stets zylindrisch und isolateral gebaut. Die flachen und rinnigen Blätter nämlich werden zunächst bis zu einem bald höher, bald tiefer liegenden Punkte unterhalb der eigentlichen Spitze in normaler Weise immer schmäler. Dann hört dieses Schmälerwerden auf und das Blatt spitzt sich, ohne an Flächenausdehnung weiter abzunehmen, derart zu, daß die Ränder sich nach der Oberseite zu umbiegen; es entsteht so eine Furche, deren äußere Ränder den Bau der morphologischen Unterseite haben; die Furche vertieft sich rasch, bis schließlich die Ränder verschmelzen; die Spitze ist zylindrisch geworden und zeigt den Bau der morphologischen Unterseite.

Die eigentliche Spitze ist entweder ± spitzkegelförmig, oder sie bildet einen abgestumpften Kegel; auch geteilte Spitzen kommen vor; alle drei allgemeinen Typen zeigen dann noch gut charakterisierte Modifikationen. Alle diese im Mikroskop leicht erkennbaren Konturen der Spitzen sind sehr artkonstant und bieten deshalb gute Unterscheidungsmerkmale bei der Abgrenzung der Spezies. *J. bufonius*, *tenagea* und *sphaerocarpus* z. B. kann man mit Hilfe der Spitzenkonturen unschwer von einander unterscheiden.

Vielseitigere und wichtigere Ergebnisse liefert die Anatomie der Blattspitzen. Zunächst zeigen sie folgenden allgemeinen Bau.

Die Epidermiszellen zeigen im Querschnitt besonders stark verdickte Außenwände; auch die Seitenwände sind kräftiger als sonst; die Innenwände dagegen sind dünn. Stets ist der Inhalt dieser Zellen reich an Gerbstoffen, die sie in der Jugend leicht rot, später + dunkelbraun färben. Unter ihnen liegen in wechselnder, aber immer mäßiger Ausdehnung — gewöhnlich ist nur eine Schicht ausgebildet, doch kommen auch zwei, bei den breit abgestumpften Spitzen zuweilen selbst drei bis vier Lagen vor — palisadenähnliche oder rundliche bis polygonale Zellen mit reichem protoplasmatischem Inhalt.

Den größten Teil des noch übrigen Raumes nehmen dann die leitenden Elemente ein, die an der äußersten Spitze stets aus typischen netz- bis treppenförmig verdickten Tracheiden bestehen; erst zwei bis drei Millimeter unterhalb der äußersten Spitze gehen die Tracheiden allmählich in eigentliche Gefäße über. Die freien Enden der obersten Tracheiden erscheinen stets etwas keulig erweitert. Die Tracheiden der Spitze sind in verschiedener Weise verteilt. Einmal können sie in zwei bis drei deutliche Bündel gruppiert sein; dann gelangen zwischen den Bündeln wenige, weitlumige, schwach verdickte, plasmaleere Markzellen zur Ausbildung. Diese Spitzenbündel sind auch nicht kollateral gebaut, wie die übrigen Leitbündel des Blattes, sondern erscheinen + deutlich konzentrisch angeordnet, wobei der Siebteil entweder gar nicht oder nur ganz schwach vertreten ist. In anderen Fällen erscheinen die Tracheiden nicht in mehrere deutlich erkennbare Bündel angeordnet, sondern sind über den ganzen Innenraum unregelmäßig verteilt, oder zu einer Art Zentralzylinder vereinigt, der aber große Markzellen, wie sie im ersten Fall vorhanden waren, gewöhnlich nicht umschließt. Dieser zweite Fall findet sich vorzugsweise bei den schlanken spitzkegelförmigen und den geteilten Blattspitzen, der erste bildet die Regel bei den stumpfen Formen.

In beiden Fällen zeigen die Bündel der Spitzen weder Schutz- noch Parenchymscheiden, wie sie sonst in den übrigen Teilen des Blattes ausgebildet sind; dagegen treten im zweiten Fall stets, im ersten häufig, zwischen den oben erwähnten schwach grünen Rindenzellen und den vorhandenen Leitbündeln bezw. dem Zentralzylinder farblose, weitlumige, + kräftig verdickte Parenchymzellen auf, die bei Plasmolyse mit absolutem Alkohol in jungen lebenden Spitzen stets einigen Plasma-Inhalt zeigten. In alten abgestorbenen Spitzen dagegen erscheinen diese Zellen stets leer. Wiederholt gelang es, an feinen Querschnitten, in ihren Membranen einfache Tüpfel festzustellen. Bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure färbten sich ihre Membranen lebhaft blau, ganz so wie die der Tracheiden, so daß beider Membranen keinerlei Verholzung besitzen, vielmehr im wesentlichen aus reiner Zellulose bestehen. Dies sowie mancherlei Übereinstimmung in der Form dieser Parenchymzellen und der eigentlichen Tracheen deutet darauf hin, daß auch sie zu den leitenden Elementen zu rechnen sind.

An Serienschnitten von *J. glaucus*, *Jacquini* und *lamprocarpus* überzeugte ich mich, daß die Spitzentracheiden zu den Ring- und Spiralgefäßen der innersten (größten) Leitbündel gehören. Nach der Spitze zu verschwinden die Leitbündel der äußeren und mittleren Reihe rasch, die größten Bündel der inneren Reihe treten immer näher aneinander und zeigen eine starke Tendenz zu einfacher Ausbildung, bis schließlich nur wenige Tracheiden übrig bleiben, die dann die erwähnten Gruppierungen zeigen.

Bastsicheln sind nicht mehr vorhanden, nur bei den *J. genuini* kommt es vor, daß einer von den subepidermalen Trägern in reduzierter Ausbildung bis in die eigentliche Spitze hinaufsteigt.

Das Ende der Blattspitze ist sehr verschieden gebaut. Zwei Haupttypen lassen sich unterscheiden, die offene und die geschlossene Spitze. Auf diese Verschiedenheit hat übrigens schon Buchenau hingewiesen[1]).

[1]) Buchenau, l. c. Pflanzenreich (1906) 16.

Bei der offenen Spitze sind die letzten Epidermiszellen im Gegensatz zu den übrigen der Spitze lang gestreckt, 60 bis 120 μ lang, schlauchförmig, und nicht eben starkwandig. Sie sind an ihren oberen Enden nicht verwachsen, lassen also eine offene Stelle, einen Porus, zwischen sich, der sich leicht der Beobachtung entzieht, weil die Enden gewöhnlich lose zusammenneigen. Doch kann man auf den Porus stets schließen, wenn man auf Längsschnitten durch die nicht zu alte Spitze die langen Schlauchzellen sieht. Bei Behandlung ganzer Spitzen mit verdünnter Schwefelsäure wird der Porus auch leicht sichtbar, indem dann die Schlauchzellen auseinanderklaffen; allerdings tritt das nur dann leicht ein, wenn man kein Deckgläschen auf das Präparat legt. Die Schlauchzellen umschließen und überragen kaminartig drei oder vier schmale Tracheiden, die allein von dem oben erwähnten zentralen Bündel bis hierher aufgestiegen sind.

Sehr bemerkenswert erschien mir, daß die Wände dieser Schlauchzellen bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure sich niemals blau, sondern stets + gelbbraun, wie die Außenwände der darunter liegenden Epidermiszellen, färbten. In starkem Gegensatz dazu zeigten die Endzellen der geschlossenen Spitzen bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure stets intensiv blaue Färbung ohne eine Spur von Gelbbraun, scheinen also fast ganz aus reiner Zellulose zu bestehen. Es zeigen also die Endzellen der offenen Spitze die gleiche Beschaffenheit, wie die darunter liegenden Epidermiszellen, die der geschlossenen Spitze dagegen die Zusammensetzung der leitenden Elemente der Spitze. Fast scheint es danach, als ob die geschlossene Spitze einfach dadurch zustande käme, daß die äußerste Spitze ohne Epidermis bleibt, in dem die leitenden Elemente, die ja auch sonst fest verbunden sind, sich vorschieben und die Epidermiszellen auseinanderdrängen, während die Ausbildung der Schlauchzellen unterbleibt. Ist diese Auffassung richtig, dann wären die kaminlosen Spitzen im Grunde genommen ebenso gut offene Spitzen mit ausgezeichneten

Hydathoden am Ende wie die Spitzen mit Kamin und Porus.

Beim zweiten Typus, der geschlossenen Spitze, fehlen also, wie eben gesagt, die Schlauchzellen; es setzen sich vielmehr die schon beschriebenen, kurz tafelförmigen, außen stark verdickten Epidermiszellen bis fast ans Ende fort; dann werden sie von schwächer verdickten, wenig oder gar nicht gestreckten Zellen abgelöst, die fest miteinander verwachsen.

Fast stets besitzen diese Spitzen Einrichtungen, die als echte Hydathoden gedeutet werden können. Zunächst kommen Wasserspalten vor. Ihren Bau kann man am besten verstehen, wenn man ihre Entwickelung verfolgt. Zuerst sind es anomale Spaltöffnungen, wie man in ganz jungen, lebenden Blattspitzen beobachten kann. Anormal ist zunächst die bedeutende Größe der Nebenzellen, abweichend sind aber auch die recht kleinen Schließzellen gebaut; sie waren in den untersuchten Fällen im Gegensatz zu den übrigen Spaltöffnungen tief eingesenkt, besaßen ferner stets ringsherum dünne Wände, abgesehen von einer schwachen Verdickungsleiste am Innenrande, und zeigten bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure keine Cutinisierung, lösten sich vielmehr samt den großen Nebenzellen ebenso schnell auf wie die darunter liegenden Mesophyllzellen; die normalen Spaltöffnungen zeigen dagegen bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure, daß die Cuticula sämtliche freien Wände des Apparats außen und innen bedeckt.

So sieht also der äußere Apparat der Wasserspalten in ganz jungen, zarten, lebenden Spitzen aus. Bei älteren und alten Blättern jedoch, deren Spitze in ihren Rindenpartien schon abgestorben ist, sind die kleinen Schließzellen verschwunden oder zu undeutlichen Resten destruiert. Die Nebenzellen aber sind dank ihrer Größe und ihres festen Verbandes mit den kutinisierten festen Epidermiszellen gut erhalten und lassen bei ihrer schwachen Hörnchenform einen offenen, eliptischen + großen Spalt zwischen

sich. Der Apparat sieht dann also aus wie ein Spaltöffnungsapparat ohne Nebenzellen, aber mit zwei sehr großen Schließzellen ohne besondere Verdickungsleisten. Das Wesentlichste dieser Wasserspalten aber, das sowohl bei den ganz jungen, wie bei den alten Spitzen stets vorhanden ist, das sind Nester von typischen Tracheiden, die sich unter der aus kleinen rundlichen in nur einer Schicht liegenden Parenchymzellen gebildeten Wand der großen Atemhöhlen vorfinden, deren Mündungen eben jene Wasserspaltapparate sind.

Niemals sind die Wasserspalten zahlreich vorhanden, sondern sie liegen in einer gewissen Höhenzone der Spitze in zwei oder höchstens drei etwas unregelmäßigen kurzen Reihen nur auf der Unterseite der Blattspitze.

Bemerken will ich noch, daß neben Wasserspalten stets auch noch typische Spaltöffnungen, aber nur spärlich, an den Spitzen vorkommen. Übrigens zeigen auch die Spitzen mit Kamin und Porus zuweilen neben typischen Spaltöffnungen noch Wasserspalten. Manche *Juncus*-Arten, wie *J. compressus*, *tenuis*, *squarrosus*, zeigen mehrteilige Spitzen. Man sieht hier deutlich den zentralen Strang von Tracheen sich zuletzt in Äste spalten, die bogenförmig auseinandergehen. Jeder der Äste läuft dann in eine der Teilspitzen hinein; diese enden in einen Kamin mit Porus.

Die Funktion der Spitzen scheint mir in vielen Fällen eine doppelte zu sein. Wasserspalten und Kamin mit Porus sind zunächst sicher zur gelegentlichen Entleerung von überschüssigem Wasser bestimmt. Zwar wachsen die Juncus-Arten allermeist auf feuchtem Substrat, aber sie sind vielfach Bewohner von Mooren mit saurem Boden. Wie Schimper aber treffend ausgeführt hat, ist saurer Boden kalter Boden; kalter Boden aber ist gleich trockenem Boden. Danach sind also die *Juncus*-Arten vorwiegend Xerophyten. In der Tat deuten die stark entwickelte, derbwandige, meist großzellige Epidermis, die mächtige, farblose Parenchymschicht um die Gefäßbündel herum, Gelenk-

zellen und Hypoderm bei den flachblättrigen Arten, der zylindrische Bau der vegetativen Organe der übrigen, die Kleinheit und geringe Zahl der Spaltöffnungsapparate unzweifelhaft auf xerophilen Bau hin. Bei derartigem Bau werden aber Einrichtungen zur Abscheidung tropfbar flüssigen Wassers als Ersatz für unterdrückte Transpiration leicht verständlich.

Über die Bedeutung der Blattspitze als wasserabscheidendes Organ können deshalb Zweifel kaum aufkommen. Der ganze Bau der Spitze ist typisch so, wie man ihn bei Hydathoden voraussetzen kann; aber eine andere Frage ist die, ob nicht etwa die Blattspitze auch noch andere physiologische Aufgaben zu erfüllen hat. Ich bin geneigt, diese im folgenden zu erblicken.

Das ganze Innere des *Juncus*-Blattes ist ein großes Luftreservoir, das mit den Interzellularen der im luftarmen Substrat steckenden Wurzeln in Verbindung steht. Ob die kleinen und wenig zahlreichen Spaltöffnungen — ihre Zahl beträgt, wie schon früher angegeben ist, im Mittel etwa 40 bis 70 auf ein Quadratmillimeter — eine genügende Luftzirkulation zwischen der Innenatmosphäre der Pflanze und der äußeren Luft ausreichend zu besorgen imstande ist, könnte zweifelhaft erscheinen; unmöglich ist dies in den Fällen, wo das Blatt bezw. der Stengel zum größten Teile unter Wasser vegetiert. Unter solchen Verhältnissen könnte durch die Spaltöffnungen nur Luft ausgeschieden, nicht aber aufgenommen werden; denn es muß betont werden, daß auch diese submersen Blätter Spaltöffnungen von normalem Bau und in normaler Zahl entwickeln. Auf Grund solcher Erwägungen erblicke ich in der Blattspitze ein Organ, das neben seiner Hauptfunktion der Wasserausscheidung höchst wahrscheinlich auch dem Gasaustausche dient. Die senkrecht aufsteigenden, oft im Wasser steckenden Blätter, erhalten dadurch Ausgänge bezw. Eingänge für die inneren Hohlräume. Damit im Einklange steht die Tatsache, daß die großen Hohlräume des Blattinneren parallel zur Längsachse, also zur Blattspitze hin,

orientiert sind. Ist diese Auffassung richtig, dann funktioniert die Blattspitze von *Juncus* in der Jugend, solange das Blatt noch nicht ausgewachsen ist, lediglich als Hydathode, später, wenn die Zahl der Spaltöffnungen erreicht ist, als Pneumathode.

Die Blattspitzen der untersuchten Juncus-Arten lassen sich hauptsächlich nach ihrer äußeren Linienführung in neun Typen sondern, die in zwei Gruppen zusammenzufassen sind.

Grundtypus I. Die Blattspitzen endigen mit Kamin und Porus. Hierher gehören fünf abgeleitete Typen:

Typus Ia. Die Spitze verjüngt sich ganz allmählich, ist also lang und fein zugespitzt.

Typus Ib. Die Spitze erscheint, besonders im Längsschnitt, zuerst breit und flach, also wie ein abgestumpfter Kegel, zeigt aber dann auf der oberen Grundfläche desselben in ihrer Mitte einen unvermittelt aufgesetzten, ganz kurzen Kamin.

Typus Ic. Die Spitze verläuft zunächst breit wie bei Typus I b, dann verjüngt sie sich rasch, nicht wie bei Typus I a allmählich, in eine kurze feine Spitze.

Typus Id. Die Spitze ist zwei- bis fünfteilig.

Typus Ie. Die Spitze verläuft zunächst wie bei Typus I b bezw. I c, dann verjüngt sie sich aber nicht wie bei I c in eine kurze feine, sondern in eine kurze, stumpfe Spitze.

Grundtypus II. Die Spitze zeigt keinen Kamin mit langen Schlauchzellen, sondern ist durch kurze, breite und flache Zellen geschlossen. Hiervon sind vier Typen abgeleitet.

Typus IIa. Das Blatt ist ganz allmählich in eine ziemlich dicke, sehr steife Spitze verjüngt.

Typus IIb. Dieser Typus entspricht ganz dem Typus Ib, nur fehlt der kurze, aufgesetzte Kamin.

Typus IIc. Dieser Typus gleicht I e, nur fehlt der Kamin.

Typus IId. Die Blattspitze verläuft hier lang und fast gleichmäßig schmal und endet in eine dünne, aber im Gegensatz zu Typus I a deutlich stumpfkegelförmige Spitze ohne Kamin.

II. Die Verwertung anatomischer Charaktere für die Systematik.

1. Die Variabilität der Art.

Schon die Variabilität exomorphologischer Charaktere der europäischen *Juncus*-Arten bewegt sich, wie eine Durchsicht von Buchenaus Monographie lehrt, innerhalb recht enger Grenzen, wenigstens im Verhältnis zu anderen Familien. Abgesehen von dem einigermaßen polymorphen *J. lamprocarpus* findet man selten entschiedene Variationen nach Form, Größe, Zahl und äußerer Ausbildung der einzelnen Organe. Meist sind sie auch so geringfügig, daß sie stets eingehende Untersuchungen erfordern. Noch viel konstanter ist das anatomische Bild der einzelnen Arten.

Ob ein *Juncus* im Wasser gewachsen ist oder auf normal feuchtem Wiesenboden oder an verhältnismäßig trockenem Graben- oder Wegrande, ob er im Gebirge oder in der Ebene stand, ob er starker Insolation ausgesetzt war oder im Schatten höherer Pflanzen sein Dasein fristete, für die große Mehrheit seiner Gewebesysteme und ihrer Elemente sind diese Standortsverschiedenheiten ohne größeren Einfluß.

Regelmäßig reagiert eine Art nur durch Zahl und Größe der Luftgänge auf verschiedene Standorts- und klimatische Verhältnisse, seltener schon durch ± deutliche Streckung der einzelnen Zellen, am seltensten durch Reduktion bezw. Vermehrung der Schichten des Assimilationsgewebes unter gleichzeitiger geringer Änderung der einzelnen Zellen nach Länge und Breite. Niemals ändern dagegen die Arten Bau und Anlage des mechanischen Systems, des Leitungsgewebes, der Blattspitze, des Spaltöffnungsapparates, der Epidermis, abgesehen von einer geringen Streckung oder Verdickung der Zellen.

Bezüglich des Leitsystems zeigen die Querschnittsbilder der kümmerlichen bezw. üppigen Exemplare einer Spezies in erster Linie etwas engere oder weitere Lagerung der Leitbündel, erst in zweiter Linie Reduktion oder Vermehrung der Zahl derselben; niemals dagegen sind in diesen Fällen die einzelnen Bündel von irgendwie erkennbar verschiedener Ausbildung; auch ihre Lage im Mesophyll ist stets gleichbleibend, ebenso die Ausbildung der Schutz- und der Parenchymscheide.

Die Variabilität der *Juncus*-Arten ist also in anatomischer Beziehung sehr gering; der Bau dieser Gruppe von Sumpfpflanzen ist eben so ausgeprägt, die anatomischen Bilder der Blätter der einzelnen Arten so konstant, daß sie förmlich zur systematischen Verwertung hindrängen. Für den am Schlusse gegebenen anatomischen Bestimmungsschlüssel sind stets Quer- und Flächenschnitte der mittleren Regionen der Laubblätter zur Grundlage gemacht worden. Die Blattregionen dicht über der Scheide und dicht unter der Spitze zeigen nämlich oft nicht unerhebliche Verschiedenheiten der Blattelemente.

2. Das System der Gattung.

Die anatomische Untersuchung ergab in der Hauptsache eine ziemlich weitgehende Übereinstimmung mit dem System von Buchenau, das sich auf morphologischer Grundlage aufbaut. Die zu einem Subgenus von Buchenau vereinigten Arten erwiesen sich mit nur wenigen Ausnahmen auch anatomisch als sehr nahe verwandt, d. h. nach gleichen oder ganz ähnlichen Typen gebaut.

Sieht man zunächst von den oben angedeuteten Ausnahmen ab, so sind die Buchenauschen Subgenera anatomisch in folgender Weise zu charakterisieren.

1. Die *Junci poiophylli* sind hinreichend charakterisiert durch flache Blätter mit bifacialer Epidermis, nämlich mit normalen Epidermiszellen auf der Unterseite und Gelenkzellen auf der Oberseite, sowie durch den Besitz subepidermalen Bastes, der teils als echte Bastbündel in den

Blatträndern erscheint, teils dadurch entsteht, daß die mechanischen Beläge der Leitbündel bis an die Epidermis herantreten.

2. Die *J. genuini* zeigen sämtlich zylindrische Blätter mit isolateraler Epidermis, sowie echte subepidermale Bastbündel, die stets als kegelförmige oder T-Träger im Radius der Leitbündel bald mit, bald ohne Verschmelzung mit den Belägen derselben erscheinen. Die Leitbündel liegen peripherisch in drei bis vier regelmäßigen Ringlagen.

3. Die *Junci thalassii* stimmen in den beiden ersten Kriterien mit den *Junci genuini* vollkommen überein, nur die Leitbündel erscheinen nicht peripherisch in drei bis vier regelmäßigen Ringlagen, sondern sie sind in acht bis zehn unregelmäßigen Lagen über den gesamten Querschnitt verteilt.

4. Die *Junci septati* besitzen ± zylindrische Blätter mit isolateraler Epidermis; subepidermaler Bast fehlt stets völlig; die Leitbündel sind ± regelmäßig in mehreren peripherischen Ringlagen ausgebildet; stets ist die Blatthöhle durch typische wohlentwickelte Diaphragmen, d. s. Querwände aus Gefäßbündelanastomosen, septiert oder in Kammern geteilt; diese Querwände sind auch in frischem Zustande der Blätter stets schon von außen deutlich wahrnehmbar.

5. Die *Junci alpini* haben entweder gar keine oder nur recht unentwickelte Diaphragmen, weshalb diese selbst bei eingetrockneten Blättern von außen niemals sichtbar sind; in den übrigen Merkmalen zeigen sie nahe Verwandtschaft mit den *Septati*.

6. Die *Junci graminifolii* sind charakterisiert durch flache Blätter mit bifacialer Epidermis, ähnlich den *Junci poiophylli*, besitzen aber keinerlei subepidermalen Bast, ebenso keine oder nur Spuren von Diaphragmen in den Blättern.

In dieser Übersicht wurden nicht berücksichtigt *J. arcticus*, *balticus*, *subulatus* und *J. castaneus*, die sich

anatomisch nur schwer oder gar nicht in die von Buchenau ihnen zugewiesene Stelle im System einordnen lassen.

Fassen wir zunächst *J. arcticus* und *balticus* ins Auge. Buchenau stellt sie zu den *J. genuini*, als deren vollkommenste Typen *J. Leersii*, *effusus* und *glaucus* anzusehen sind[1]). Mir scheint es natürlicher, *J. arcticus* und *balticus* mit Rücksicht auf ihren zum großen Teil völlig von dem der *Junci genuini* verschiedenen anatomischen Bau von diesen abzusondern und zu den *J. alpini*, insbesondere zu *J. biglumis* zu ziehen, dem sie anatomisch recht nahe stehen. Übrigens hat schon Schwendener[2]) diese beiden Arten zu *J. stygius* gebracht.

Die *Junci genuini* haben nach Buchenau[3]) Blüten mit einem Vorblatt, während dieses bei den *Alpini* fehlt. Die blühenden Stengel der *Genuini* sind ohne Laubblätter, die der *Alpini* tragen zwei bis drei echte Laubblätter, *J. biglumis* allerdings nur stets am Grunde des Stengels; die Blüten der drei oben genannten typischen *Genuini* sind klein, unscheinbar gefärbt und zu vielblütigen Infloreszenzen vereinigt, die der *Alpini* sind ansehnlich, meist lebhaft gefärbt, zu wenigblütigen „Köpfchen" vereinigt; die Samen der *Genuini* sind meist klein und ungeschwänzt, die der *Alpini* gewöhnlich ansehnlich und geschwänzt. Am auffälligsten sind die *J. genuini*, wie auch die anatomisch sehr nahe verwandten *J. thalassii* jedoch charakterisiert durch die merkwürdigen stengelähnlichen Laubblätter, die sogenannten „sterilen laubblattlosen Stengel" der älteren Beschreibungen; diese „sterilen Stengel" lassen sich jedoch, wie Buchenau[4]) zuerst festgestellt hat, als wirkliche Laubblätter leicht daran erkennen, daß sie am Grunde eine kleine

[1]) *J. Jacquini* ist nämlich wegen seiner Gelenkzellen eine deutliche Übergangsform zwischen den *Junci genuini* und *poiophylli*, während *J. filiformis* schon Anklänge an die *J. septati* zeigt.

[2]) Schwendener, l. c. 73.

[3]) Buchenau, l. c., Bontan. Jahrb. XII 169, 170.

[4]) Buchenau, l. c., Botan. Jahrb. XII, 19.

Höhle besitzen, in der die eigentliche Stengelspitze mit einigen kleinen Blattanlagen verborgen liegt.

Wie verhalten sich nun *J. arcticus* und *balticus* inbezug auf die angeführten morphologischen Merkmale? Zunächst besitzen sie stets Vorblätter, laubblattlose, fertile Stengel und die eben beschriebenen stengelähnlichen Laubblätter oder „sterilen Stengel", verhalten sich also in diesen habituell besonders leicht in die Augen fallenden Merkmalen ganz wie *J. effusus, Leersii* und *glaucus*. Allerdings ist hierbei nicht zu vergessen, daß das Vorkommen der stengelähnlichen Laubblätter keineswegs auf die *J. genuini* und *thalassii* beschränkt ist, denn auch die zu den *J. septati* gehörigen *J. obtusiflorus* und *punctorius* zeigen regelmäßig solche stengelähnlichen Blätter.

Ferner sind die Samen von *J. arcticus* und *balticus* stets ungeschwänzt, die Blüten auch niemals zu „Köpfchen" wie bei den *Alpini* vereinigt; auch hierin stimmen sie beide mit den *J. genuini* überein. Dagegen sind ihre Blüten meist ansehnlich und lebhafter gefärbt als die von *J. effusus*, gleichen vielmehr in diesen beiden Punkten den *J. alpini*. Ferner zeigen sie, insbesondere *J. arcticus*, armblütige Infloreszenzen, ihre Samen sind mindestens doppelt so groß als die von *J. effusus* und Verwandten, entsprechen dafür aber in der Größe denen der *J. alpini*.

J. arcticus und *balticus* zeigen also auch morphologisch einige nicht unwesentliche Abweichungen von dem durch *J. effusus, Leersii* und *glaucus* fixierten reinen Typus der *J. genuini*, dafür aber deutliche Übergänge zu den *J. alpini*. Trotz dessen stehen sie natürlich morphologisch den *Junci genuini* entschieden viel näher als den *Junci alpini*.

Ganz anders wird das Bild, wenn man zum Vergleich die Anatomie heranzieht. Hier haben *J. arcticus* und *balticus* streng genommen nur ein einziges Merkmal mit *J. effusus, glaucus* und *Leersii* gemein, die Spaltöffnungen, die zwar in ihren Nebenzellen eine deutliche Tendenz zur Verbreiterung des äußeren Hautgelenks, also Annäherung an Typus III oder II der Spaltöffnungen (S. 20) zeigen,

aber doch noch unzweifelhaft wie die Spaltöffnungen der genannten drei *Genuini* zum Typus I gehören, während die *Alpini* ebenso entschieden Spaltöffnungen nach Typus II ausbilden.

In allen anderen anatomischen Merkmalen aber zeigen *J. arcticus* und *balticus* + vollständige Übereinstimmung mit den *J. alpini*, insbesondere mit *J. biglumis*, nämlich:

1. das bei allen Spezies so charakteristische und so konstante mechanische System ist bei *J. arcticus* und *balticus* von dem Typus I der *J. genuini* völlig verschieden, zeigt vielmehr wie bei *J. biglumis* reinen Typus IVa (S. 24);

5. die Leitbündel der Blätter von *J. effusus* und Verwandten sind breit rundlich und tragen immer einen Bastbelag, dessen innere Sichel deutlich kräftiger als die äußere ist; die Leitbündel der Blätter der *J. alpini* sind von radial gestreckter Form und besitzen stets einen Bastbelag, dessen äußere Sichel erheblich mächtiger als die innere ist: *J. arcticus* und *balticus* zeigen hier ganz das Verhalten der *Junci alpini*;

3. *J. effusus*, *Leersii* und *glaucus* besitzen stets typisches Sternmark, das nie schwindet, die *J. alpini* zeigen parenchymatisches, leicht schwindendes und dann spinnwebiges Mark; *J. arcticus* und *balticus* bilden parenchymatisches, später schwindendes Mark aus; dieses wird höchstens in ganz jungen Blattanlagen undeutlich sternförmig, indem die Interzellularen schwach bogenförmig in das Lumen der Markzellen hineindringen;

4. die Epidermis ist zwar sowohl bei den *J. genuini* wie dem *J. biglumis* und *triglumis* nach Typus I gebaut; während aber die Dicke der Außenwand bei *J. effusus* und Verwandten höchstens nur ein Viertel bis ein Drittel der Gesamthöhe der Zellen erreicht, beträgt sie bei den *J. alpini* reichlich die Hälfte derselben; den lezteren Fall zeigen deutlich *J. arcticus* und *balticus*.

5. *J. effusus* und Verwandte besitzen stets eine ganz allmählich sich zuspitzende Blattspitze, die *J. alpini* eine breit abgestumpft kegelförmige; *J. arcticus* und *balticus*

folgen hier den *J. alpini*; *J. arcticus* und *J. biglumis* zeigen sogar beide ganz gleichen, nicht wieder vorkommenden Blattspitzentypus; bei ihnen ist nämlich (Typus I b) auf der breit abgestumpften kegelförmigen Blattspitze noch zuletzt ein kleines, ganz kurzes Spitzchen aufgesetzt. Buchenau hat dieses Spitzchen an lebendem *J. biglumis* auch gefunden, bei *J. arcticus* ist es ihm entgangen, wie aus seiner Abbildung (Fig. 12 F[1]) hervorgeht. Ich habe dieses Spitzchen an lebenden jungen Blättern von *J. arcticus* vorgefunden.

Auch im Bau des Mestoms und des Assimilationsgewebes stehen *J. arcticus* und *balticus* den *Alpini* näher als *J. effusus* und Verwandten.

Die hier geschilderte weitgehende anatomische Übereinstimmung von *J. arcticus* und *balticus* dürfte wohl als ausreichende Begründung dafür erscheinen, diese von den *J. genuini* abzutrennen und unter die *J. alpini* einzuordnen.

Auch ihre Areale stellen sie mehr zu den *J. alpini* als zu *J. glaucus*, *Leersii*, *effusus*. *J. arcticus* ist ausschließlich arktisch-alpin, J. balticus aber meidet nach Buchenau[2]) entschieden warme Klimate; er wächst z. B. in Amerika von Alaska und Canada bis Patagonien mit Überspringung der warmen Gebiete; in Europa bewohnt er nur salzhaltigen Boden an der Meeresküste, lebt also unter Standortsverhältnissen, die physiologisch ähnlich wirken wie arktisch-alpines Klima. Buchenau[3]) spricht übrigens auch direkt aus, daß die Verbreitung von *J. arcticus* und *balticus* offenbar auf arktischen Ursprung hinweise.

J. castaneus ist ferner anatomisch besser zu den *Junci graminifolii* zu ziehen, da er unzweifelhaft eine Mittelstufe gegen die flachblättrigen Typen hin einnimmt; ist doch kaum noch ein Viertel seiner Lamina, nur der Teil kurz vor der Spitze, flach zylindrisch, alles übrige aber typisch flachblättrig mit verschiedener Epidermis auf Ober- und Unter-

[1]) Buchenau, l. c., Pflanzenreich 16.

[2]) Buchenau, l. c., Bot. Jahrb. XII, 218.

[3]) Buchenau, l. c., Pflanzenreich, 144.

seite. Er könnte deshalb entweder zu den *J. poiophylli* oder zu den *J. graminifolii* gezogen werden. Zu den *J. poiophylli* ist er jedoch nicht zu stellen, da er weder Bastbündel in den Blatträndern besitzt, noch auch mit den Bastbelägen der Leitbündel die Epidermis erreicht. Buchenau erwähnt wohl bei *J. castaneus* kleine schwache Blattrandbastbündel, ich habe sie aber bei keinem der untersuchten Blätter gefunden; wohl aber zeigten manche Querschnitte nach den sehr flachen Blatträndern zu (sie bestehen zuletzt nur aus oberer und unterer Epidermis) sehr kleine runde Epidermiszellen mit + kräftig verdickten Wänden, sodaß die drei oder vier an dem äußersten Rande zusammenstoßenden Epidermiszellen bei flüchtiger Beobachtung den Eindruck schwacher Blattrandbündel hervorrufen können.

J. subulatus, der bei Buchenau die einzige Art der *Junci subulati* bildet und von ihm vor die *J. genuini* gestellt wird, weicht von diesen in seinem mechanischen System ebenso vollständig ab, wie *J. arcticus* und *balticus*, da alle drei wie die *Alpini* und ein Teil der *J. septati* dieses System nach Typus IV a ausbilden; ich habe ihn vor die *J. septati* gestellt, mit denen er auch in einigen anderen Punkten übereinstimmt; er zeigt z. B. keine „sterilen Halme", sondern bildet beblätterte Stengel aus.

3. Phylogenetische Beziehungen.

Nicht zu unterschätzen sind die Schwierigkeiten, die eine phylogenetische Gruppierung der Arten der nach allgemeiner Übereinstimmung[1]) alten Gattung *Juncus* bieten muß, zumal fossile Reste so gut wie gar nicht zur Verfügung stehen. Buchenau[2]) zählt im ganzen fünf fossile Spezies auf, *J. retractus*, *Scheuchzeri*, *antiquus*, *radobojanus* und *articularis*, von denen die vier ersten zu den *Junci genuini*.

[1]) Vergl. Buchenau, l. c., Pflanzenreich 31; Pax, Beiträge Morphologie und Systematik der Cyperaceen. Englers Botan. Jahrb. VIII (1886) 312; Schwendener, l. c. 172 u. a.

[2]) Buchenau, l. c., Pflanzenreich (1906) 264.

der letzte zu den *Septati* zu rechnen sind; doch lassen sich auf so geringe Unterlagen hin sichere Schlüsse unmöglich aufbauen, zumal Buchenau selbst den *J. antiquus* und *J. radobojanus* als unsicher bezeichnet[1]).

Wenn ich es trotzdem unternehme, die Arten der Gattung mit besonderer Berücksichtigung der anatomischen Befunde phylogenetisch zu gruppieren, so bewog mich dazu die Tatsache, daß gerade bei dieser Gattung die anatomischen Charaktere so fixiert sind, daß sie einigermaßen sichere Schlüsse gestatten. Um zu festen Normen für die Gruppierung zu gelangen, habe ich nachstehende Leitsätze zur Richtschnur genommen.

1. Form und Länge der Perigonblätter, der Früchte, der Antheren usw. sind morphologische Merkmale, die wohl diagnostisch verwertet werden können, aber nicht einen Schluß auf das frühere oder spätere Entstehen der Art gestatten;

2. dagegen sind das Unterdrücken von Staublattkreisen, das Schwinden der Vorblätter, die Reduktion der Samen nach Zahl unter Erhöhung der Größe derselben, der Übergang von Selbstbefruchtung zur Windblütigkeit und von dieser zur Insektenblütigkeit mehr oder weniger deutliche Anzeichen späterer Entwickelung.

3. Die größere oder geringere Differenzierung des Vegetationskörpers ist nicht einheitlich zu deuten. Zwar ist im allgemeinen eine stärkere Differenzierung ein Zeichen fortschreitender Entwickelung, deutet also auf geringeres Alter hin, doch zeigen andererseits Anpassungsformen von Pflanzen auch + weitgehende Reduktionen der Vegetationsorgane. So sind insbesondere Arten mit zylindrischen isolateralen Blättern als Anpassungsformen trotz geringerer Differenzierung ihrer Blattorgane gegenüber den reicher gegliederten Vertretern mit bifacialen Blättern als jünger anzusehen.

[1]) Buchenau, l. c., Pflanzenreich (1906) 26.

4. Sind Übergangsglieder vorhanden, wie *J. Jacquini*, der ein Zwischenglied zwischen den *Junci genuini* und *Poiophylli* vorstellt, oder *J. castaneus*, der von den *J. alpini* zu den *Graminifolii* hinleitet, so muß die Anatomie darüber Aufschluß geben, welche Charaktere im Schwinden, welche im Entstehen begriffen sind, sodaß wir dann einen Schluß auf das Altersverhältnis der Grenzgruppen ziehen können.

Auf Grund dieser Normen ergeben sich folgende Beziehungen. Zunächst sind die *Junci septati* jünger als die *Genuini* und *Alpini*, auch jünger alsdie *Thalassii*: denn sie weisen 1) wohlentwickelte Diaphragmen auf, die doch unzweifelhaft eine höhere Stufe der Architektur bedeuten: 2) neigen sie häufig, viel häufiger als die *Thalassii*, zum Abort des inneren Staubblattkreises; hierin gleichen sie den *Graminifolii*; 3) zeigen sie durch ihre meist großen, reich ausgebildeten, dabei lebhaft gefärbten Inflorescenzen Neigung zur Insektenblütigkeit an.

Ferner lehrt die Gattung *Luzula* durch die geschlossenen Blattscheiden, sowie durch die Reduktion in der Zahl der Samen unter gleichzeitiger bedeutender Vergrößerung derselben gegenüber den *Junci genuini* und *poiophylli* einen erheblichen Fortschritt. Auch zeigen verschiedene Arten von *Gymnodes*, der am höchsten stehenden Untergattung von *Luzula*, beginnende Diaphragmenbildung wie die *Junci alpini* und *graminifolii*, sind also auch dadurch gegenüber den *Junci poiophylli* und *genuini*, die keine Spur davon aufweisen, als jünger charakterisiert. Endlich zeigen sie beiden gegenüber durch ihre unverkennbare Entwickelung zur Insektenblütigkeit (reich entwickelte, große, dichtgedrängte Blütenstände mit lebhaften Farben bis zum leuchtenden Weiß herrschen vor) einen entschiedenen Fortschritt, also geringeres Alter.

Die *Junci graminifolii* weisen anatomisch ebenso auf Entwickelung von den *J. poiophylli*, wie von den *alpini* hin. *J. castaneus* bildet, wie schon früher gezeigt, einen deutlichen Übergang von den *J. alpini* zu den *graminifolii*.

Die *J. thalassii* bilden eine Gruppe, die den *Genuini* offenbar noch recht nahe steht; doch das häufige Abortieren des inneren Staubblattkreises (*J. maritimus*, *Roemerianus*), die reichere Ausbildung des subepidermalen Bastes, sowie die Anordnung der Blüten zu Köpfchen oder Ähren bedeuten einen Fortschritt nach einer Richtung, die, nicht weiter verfolgt wurde, sodaß die *Junci thalassii* als recht alter Seitenast von den *Junci genuini* abzuleiten sind.

Endlich muß das Verhältnis der *J. genuini* zu den *poiophylli* klargestellt werden. Buchenau stellt die *J. poiophylli* zeitlich vor die *Genuini* und begründet das damit[1]), daß die Arten von *Luzula* noch jetzt Neigung zum Schwinden der Vorblätter haben; daraus erhelle, daß *Juncaceen* mit vorblättrigen Blüten die älteren sind. Das kann als sicher angenommen werden; allein vorblättrige Blüten haben nicht nur die *Junci poiophylli*, sondern auch die *Genuini*, sodaß aus dem Besitz der Vorblätter allein ein bestimmter Schluß auf das Altersverhältnis der beiden Gruppen doch nur eine + willkürliche Annahme bleiben muß. Es ist auch wohl als sicher anzunehmen, daß Buchenau vor allem ein eingehender morphologischer Vergleich zwischen den *J. poiophylli* und *genuini* dazu veranlaßt hat, die letzteren hinter die *Poiophylli* zu gruppieren. Er spricht sich allerdings darüber nicht eingehender aus. Es erhebt sich deshalb die Frage, wie das Verhältnis der beiden Gruppen in anatomischer Beziehung sich gestaltet.

Zunächst gehören die *J. genuini* zu den Arten, die unbeblätterte, blühende Stengel und stengelähnliche Laubblätter besitzen. Sie zeigen also starke Reduktion der Zahl der Blattorgane gegenüber den *J. poiophylli*. Ferner bilden sie ausschließlich streng isolaterale Blätter gegenüber den bifacialen der *J. poiophylli* aus. Sie sind also gegenüber den *J. poiophylli* entschieden als Anpassungsformen an bestimmte Standortsverhältnisse charakterisiert und müssen

[1]) Buchenau, l. c., Botan. Jahrb. XII, 53.

deshalb nach unserer Auffassung trotz geringerer Differenzierung ihres Vegetationskörpers als jüngere Gruppe angesehen werden.

Eine weitere Stütze erhält diese Annahme durch die Wertung des *J. Jacquini* als Übergangsglied zwischen den *J. poiophylli* und *genuini*. *J. Jacquini* gehört morphologisch entschieden zu den *J. genuini*; anatomisch zeigt er subepidermalen Bast in Form von typischen Trägern, ganz wie die *J. genuini*, ferner ebenso wie diese zylindrische Blätter. Von den *J. poiophylli* hat er zwei Merkmale, nämlich an einer bestimmten Stelle des kreisförmigen Querschnittbildes einige typische Gelenkzellen und zu beiden Seiten derselben je ein Bastbündel, das im Gegensatz zu den übrigen peripherischen, subepidermalen Bastbündeln nicht über einem Gefäßbündel steht, also offenbar den Blattrandbastbündeln der *Poiophylli* entspricht.

Bei dieser Sachlage könnte es zweifelhaft erscheinen, ob *J. Jacquini* ein *Poiophyllus* war, der sich zum *Genuinus* fortentwickelt hat, oder ob das Umgekehrte der Fall ist. Für die erste Annahme, die sich mit der auf morphologischer Grundlage beruhenden phylogenetischen Auffassung Buchenaus deckt, spricht die Form und Größe der vorhin bezeichneten „Blattrandbastbündel"; denn es ist verständlicher, daß ein flaches Blatt, das zylindrisch wird, seine ursprünglichen Blattrandbastbündel solange etwa in gleicher Form und Stärke beibehält, als noch Gelenkzellen ausgebildet werden, als daß ein zylindrisches Blatt, das eben beginnt, flach zu werden und Gelenkzellen auszubilden, alsbald Blattrandbastbündel von solcher Stärke und Vollkommenheit zeigt, wie sie, abgesehen von kräftigen Exemplaren des *J. compressus*, nicht wieder vorkommen.

Ferner spricht für unsere Annahme die anatomische Tatsache, daß die subepidermalen Träger des *J. Jacquini* gewöhnlich nur in geringer Zahl auftreten, jedenfalls bei weitem nicht so regelmäßig über allen Leitbündeln derselben Größenordnung wie bei den übrigen *J. genuini*. *J. Jacquini* hat eben noch nicht wie die übrigen *J. genuini*

durch weit zurückliegende Vererbung die Fähigkeit erlangt, gleichmäßig subepidermale Träger über den Leitbündeln auszubilden.

Noch ein drittes und viel schwerer wiegendes Moment spricht dafür, daß *Juncus Jacquini* ehedem ein *J. poiophyllus* war, der durch bestimmte Standortsverhältnisse veranlaßt wurde, blattarme Stengel und zylindrische Blätter wie die *J. genuini* zu bilden. Ist diese Auffassung nämlich richtig, ist *J. Jacquini* also eine Anpassungsform als Reaktion der Standortsverhältnisse, so muß die rückläufige Änderung derselben auch in ihm eine Tendenz zur atavistischen Ausbildung verlorengegangener Einrichtungen hervorrufen. In der Tat ist es nach Buchenau[1]) möglich, *J. Jacquini* durch Kultur in fruchtbarer Gartenerde zur Bildung eines echten Laubblattes von mehreren Zentimetern Länge zu veranlassen, so daß er also dann einen Stengel wie ein echter *Poiophyllus* aufweist. Wenn wir übrigens als Urtypus mit Buchenau einen *Juncus* ansehen, der den *J. poiophylli* ähnlich war, so stünde natürlich nichts im Wege anzunehmen, daß die *Junci genuini* ebenso wie die *Poiophylli* als die beiden ältesten Gruppen von dem Urtypus auch direkt abgeleitet worden sind.

Einige *J. septati* (*J. supinus*) weisen an ihren Blättern nahe der Basis noch deutlich eine ⊦ kleine flache Rinne auf, was wohl auf einen Übergang von den *graminifolii* zu ihnen hindeutet, bezw. auch auf eine Fortentwickelung von den *Poiophylli* her. *J. subulatus*, der noch typisches Sternmark, wie die *Genuini* besitzt, aber beblätterte Stengel und dasselbe mechanische System wie ein Teil der *Septati* zeigt, bildet wohl einen deutlichen Übergang von den *Genuini* nach den *Septati* hin. Endlich haben die außereuropäischen *J. graminifolii* (*J. lomatophyllus* und *J. Engleri*) geschlossene Blattscheiden, zeigen also bereits das charakteristische Merkmal aller *Luzula*-Arten, womit ein neuer Übergangsweg zu dieser Gattung gezeigt ist.

[1]) Buchenau, l. c., Pflanzenreich (1906) 15.

Damit sind die auffindbaren anatomischen Beziehungen zwischen Gruppen von *Juncus* erschöpft; wir können also den Stammbaum graphisch darstellen. Er differiert in einigen Punkten von dem auf hauptsächlich morphologischer Grundlage aufgebauten Stammbaum Buchenaus.

1. Buchenau stellt die *Junci thalassii* als direkte Zwischenstufe in der Entwickelungsreihe *Genuini* — *Septati* hin. Das ist anatomisch betrachtet nicht verständlich. Die *J. genuini* sind vor allem charakterisiert durch ihr ausgebildetes subepidermales Bastsystem und stengelähnliche Blätter, d. h. also durch starre, steife Blattgebilde, gefüllt mit meist sternartigen, zähen Markzellen: die *Septati* haben durchgehends weiche Blätter ohne jede Spur von subepidermalem Bast und mit Markhöhlen, die gewöhnlich leer, höchstens aber mit zarten Zellen erfüllt sind. Die *Thalassii* aber haben unzweifelhaft die starrsten Blätter mit viel stärkerem subepidermalem Bast wie die *Genuini* und einem Mark, das zwar nicht sternartig ausgebildet, aber mindestens ebenso zähe ist wie bei den *Genuini*, kurz sie sind bezüglich der angezogenen Punkte das Extrem der *Juncus*-Arten. Das Verhältnis zwischen den *Junci genuini*, *thalassii* und *septati* ist also derart, daß die *Thalassii* ein Extrem, die *Septati* das andere und die *Genuini* Zwischenstufe sind, eine Reihe *Genuini* — *Thalassii* — *Septati* ist also nicht möglich. Wohl aber kann *J. subulatus* als Zwischenstufe zwischen den *Genuini* und *Septati* gelten, da er bezüglich der Epidermis und des Marks den *Genuini* gleicht, bezüglich des mechanischen Systems aber wie die *Septati* gebaut ist.

2. Buchenau läßt die *Alpini* nur aus den *Poiophylli* sich entwickeln. Die *Junci alpini* zeigen aber neben offenbaren Berührungspunkten mit den *Poiophylli* auch entschiedene Verbindung mit den *Junci genuini*. Wie früher näher ausgeführt ist, wird durch *J. arcticus* und *balticus* eine Fortentwickelung der *Junci genuini* zu den *Alpini* hin sehr deutlich ausgesprochen. So bekommen wir dann von den *Poiophylli* zu den *Septati* eine zweite geschlossene Reihe:

a) Die flachen *Poiophylli* sind in den *Genuini* zylindrisch geworden mit Beibehaltung des subepidermalen Bastes (deutliches Zwischenglied *J. Jacquini*). b) Der subepidermale Bast schwindet als unnötig, weil auch die stengelähnlichen Blätter der *Genuini* schwinden und dafür feste Stengel mit mechanischem Gefäßbündelzylinder auftreten, die mehrere weiche, normale, aber noch + kurze Blätter tragen, welche beginnende Diaphragmenbildung zeigen (*J. alpini*). c) Die Blätter werden zahlreicher und länger und erhalten neue Festigung durch zahlreiche wohlausgebildete Diaphragmen (*Junci septati*).

3. Buchenau läßt die Gattung *Luzula* ohne alle Verbindung mit den rezenten Vertretern von *Juncus*. Das erscheint nicht begründet. Denn schon eine flüchtige mikroskopische Vergleichung vieler Luzulaarten aus den Subgenera *Gymnodes* und *Anthelaea* mit Vertretern der *Junci graminifolii* und *poiophylli* ergibt so auffällige Gleichheit im Blattbau, daß man schlechterdings die nahe Verwandtschaft der Gruppen nicht gut in Zweifel ziehen kann. Zudem ist, wie schon früher gezeigt wurde, ein direkter Übergang von den *Junci graminifolii* zu *Luzula* § *Gymnodes* dadurch geschaffen, daß *J. lomataphyllus* und *J. Engleri* geschlossene Blattscheiden zeigen wie die *Luzula*-Arten. Auch schwach und unvollkommen entwickelte Diaphragmen finden sich schon bei einigen *Gymnodes*-Spezies. Endlich ist noch nach Buchenau[1]) ein Übergang zwischen *Poiophylli* und *Luzula* § *Anthelaea* auch dadurch charakterisiert, daß die unteren Grundblätter im Blütenstande aller *Luzula*-Arten dieser Gruppe geschlossene, die oberen zarten, aber mehr oder weniger weit offene Scheiden haben, und daß bei *Luzula lactea* selbst die Scheiden der Laubblätter nur auf zwei Drittel ihrer Länge geschlossen sind.

[1]) Buchenau, l. c., Pflanzenreich (1906) 13.

III. Bestimmungsschlüssel für die Gattung Juncus.

A. Subepidermaler Bast stets vorhanden.

a) Blätter zylindrisch, mit isolateraler Epidermis; subepidermaler Bast als pheripherische Träger im Radius der Gefäßbündel.

α) Gefäßbündel in zahlreichen (bis 9) Ringlagen unregelmäßig über den ganzen Querschnitt bis in das Zentrum des Markes hinein zerstreut.

I. Lumen der Epidermiszellen viel höher als breit; Spaltöffnungen tief eingesenkt; Epidermiszellen auf dem Flächenschnitt kaum so lang als breit; ihre radialen Längswände grade. *J. acutus.*

II. Epidermiszellen nicht höher als breit; Spaltöffnungen nicht eingesenkt; Epidermiszellen auf dem Flächenschnitt tafelförmig, zwei- bis dreimal so lang als breit; ihre radialen Längswände deutlich gewellt. *J. maritimus.*

β) Gefäßbündel nur peripherisch gelagert, in drei bis vier deutlich erkennbare, regelmäßige Ringlagen angeordnet.

I. Epidermis über den subepidermalen Trägern nicht vorgewölbt.

1. Mechanisches System Typus I a. *J. effusus.*
2. Mechanisches System Typus I d; Epidermis und Rinde an einer Stelle durch mehrere Lagen großer, blasiger Gelenkzellen unterbrochen. *J. Jacquini.*

II. Epidermis über den Trägern der inneren Gefäßbündelreihe stets deutlich vorgewölbt, also echte Rillenbildung.

1. Mechanisches System nach Typus I b; radiale Längswände der Epidermiszellen wellig. *J. Leersii.*
2. Mechanisches System Typus I c; radiale Längswände nicht gewellt. *J. glaucus.*

3. Mechanisches System Mischtypus zwischen I a und I c, jedoch entschieden nach I c neigend; radiale Längswände stets deutlich gewellt. *J. diffusus* (*glaucus* × *effusus*).

4. Mechanisches System Typus I e, mit schwachen wulstartigen, subepidermalen Trägern. *J. filiformis.*

b) Blätter flach, mit typisch verschiedener Epidermis; subepidermaler Bast teils als Bastbündel in den Blatträndern ausgebildet, teils dadurch entstanden, daß die Bastbeläge der Leitbündel sich bis an die Epidermis erstrecken.

α) Subepidermale Blattrandbastbündel stets vorhanden.

I. Blattspitze einfach.

1. Spitze nach Typus I a. Blattrandbastbündel kräftig; mittelstes Leitbündel nur durch eine Schicht niedriger Assimilationszellen von der Epidermis getrennt. *J. bufonius.*

2. Spitze nach Typus I b. Blattrandbastbündel schwach; mittelstes Leitbündel durch zwei bis drei Schichten grünen Gewebes von der Epidermis getrennt. *J. tenagea.*

3. Spitze nach Typus I c; sonst Mischtypus zwischen den beiden vorigen, doch mehr nach *J. tenagea* neigend. *J. sphaerocarpus.*

II. Spitzen mehrteilig.

1. Die Beläge der Leitbündel, die ganz unregelmäßig über die Blattfläche verteilt sind, reichen nirgends an die Epidermis heran; unter der Epidermis der Oberseite stets ein drei- bis vierschichtiges Hypoderm. *J. squarrosus.*

2. Einige von den Leitbündeln, die im Gegensatz zu vorigem stets regelmäßig in deutlichen Ringlagen angeordnet sind, reichen mit ihren Bastbelägen bis an die Epidermis heran.

*) Spaltöffnungen nach Typus III, jederseits drei oder mehr Reihen typische Palisaden; diese mehr als doppelt so lang als breit, die Leitbündel aller Größenordnungen können Nebenbündel haben.

†) Lumen der Epidermiszellen der Unterseite vorwiegend breiter als hoch. Außenwand der Epidermiszellen bis 5 μ; Zahl der Leitbündel 15 bis 21. *J. compressus.*

††) Lumen der Epidermiszellen der Unterseite vorwiegend höher als breit; Außenwand der Epidermiszellen 7—8 μ; Zahl der Leitbündel 11—15. *J. Gerardi.*

**) Spaltöffnungen nach Typus II; Assimilationszellen kaum länger als breit; nur die Bündel der Größenordnung 1 und 2 besitzen Nebenbündel. *J. tenuis.*

β) Subepidermale Blattrandbastbündel fehlen stets: dafür sind die Leitbündel der Größenordnung 1 und 2 durch ihre Bastbeläge regelmäßig mit der Epidermis verbunden, und zwar oft nach beiden Seiten hin; unter den Gelenkzellen der Oberseite stets ein einschichtiges Hypoderm. *J. trifidus.*

B. Subepidermaler Bast fehlt gänzlich.

a) Lamina + zylindrisch, mit isolateraler Epidermis.

α) Septen vorhanden und gut ausgebildet, schon äußerlich deutlich wahrnehmbar.

I. Epidermis im Blattquerschnitt über den Leitbündeln zu + spitzen Kegeln vorgewölbt nach mechanischem System Typus V.

1. Mechanischer Typus V a. *J. atratus.*
2. Mechanischer Typus V b. *J. Thomasii.*
3. Mechanischer Typus V c. *J. alpigenus.*
4. Mechanischer Typus V d. *J. striatus.*

II. Epidermis im Querschnitt über den Gefäßbündeln nicht zu Kegeln vorgezogen, sondern eben oder höchstens sanft geschwungen verlaufend.

1. Markhöhle 5- bis 10 röhrig; Leitbündel 60—90, sehr dicht gelagert. *J. obtusiflorus.*
2. Markhöhle 4- bis 6 röhrig; Gefäßbündel nur 8—14, sehr weit auseinanderstehend. *J. supinus.*
3. Markhöhle 2 röhrig; nur 4—6 Gefäßbündel. *J. pygmaeus.*
4. Markhöhle 2 röhrig, die beiden Röhren jedoch an Größe sehr ungleich; Gefäßbündel 21—30. *J. alpinus.*
5. Markhöhle nach mechanischem System IV a stets einröhrig.

*) Offene Spitzen mit Kamin und Porus.

†) Epidermis zum großen Teil deutlich Typus II b; drei bis vier Reihen typische Palisaden; 45—70 Gefäßbündel, Spitze nach Typus I e. *J. acutiflorus.*

††) Epidermis nach Typus II von sehr bedeutender Höhe, 20—40 μ; Seitenwände der Epidermiszellen höchstens 3 μ; Zahl der Gefäßbündel 24—36; Spitze nach Typus I a. *J. valvatus.*

†††) Epidermis wie bei vorigem, aber erheblich niedriger, nur 18—24 μ; Seitenwände der Epidermiszellen sehr stark, 5 μ und darüber; innere Sichel der Leitbündel, deren Zahl 30—40 beträgt, auffällig breit und mächtig im Vergleich zu der kleinen äußern. *J. Fontanesii.*

**) Spitzen geschlossen, ohne Kamin und Porus.

†) Epidermis nach Typus II, im Mittel 18 μ hoch; die Außenwand der Epidermiszellen 4—5 μ; Zahl der Leitbündel 36 bis

45; Spitze nach Typus II b; die Pflanze hat Luft- und Wasserblätter, erstere zeigen meist nur eine Schicht Palisaden. *J. heterophyllus.*

††) Epidermis nach Typus II; Höhe im Mittel 22 μ; stets zwei Reihen Palisaden; Pflanze leicht daran zu erkennen, daß auch die Querschnitte des oberen Drittels eines Stengels ein frei in die Markhöhle hinein vorgelagertes Leitbündel ganz losgelöst von dem kompakten Bastzylinder, in dem die übrigen verlaufen, zeigen. Spitze nach Typus II c. *J. lamprocarpus.*

†††) Wie vorige, aber die Gefäßbündel der innern Reihe + weit ins Mark hinein verschoben, allerdings im Gegensatz zu *J. alpinus* ohne Verbindung durch feste Parenchymbrücken. *J. alpinus* × *lamprocarpus.*

††††) Epidermis nach Typus II, im Mittel 30 μ hoch, mit stark verdickter Außenwand, (7—10 μ); Gefäßbündel ziemlich unregelmäßig gelagert, oft an *J. alpinus* erinnernd; Spitze nach Typus II b. *J. anceps.*

β) Septen nicht vorhanden, oder, wenn vorhanden, nur sehr unvollkommen entwickelt, jedenfalls auch nach dem Trocknen von außen keineswegs wahrnehmbar.

I. Markhöhle 2- oder 3 röhrig.

1. Epidermis nach Typus I d; Markhöhle fast stets 2 röhrig. *J. triglumis.*
2. Epidermis nach Typus II c; Markhöhle typisch dreiröhrig. *J. stygius.*

II. Markhöhle einröhrig; mechanisches System IV a.

1. Blätter nur als typische Laubblätter an fertilen Stengeln ausgebildet, niemals stengelähnlich.

Spaltöffnungen nach Typus II; Spitze nach Typus I b. *J. biglumis.*

2. Blätter fast nur stengelähnlich; Spaltöffnungen zu Typus I gehörig.

*) Spaltöffnungen normaler Typus I.

†) Epidermiszellen nur 15—16 μ hoch. Spitze doppelt kegelförmig, also Typus I b; Spaltöffnungen nie eingesenkt. *J. arcticus.*

††) Epidermiszellen höher als bei vorigem, 18—22 μ hoch; Spaltöffnungen öfters eingesenkt; Spitze Typus I e. *J. balticus.*

**) Spaltöffnungen wohl zu Typus I gehörig, jedoch die Schließzellen des tiefeingesenkten Apparates mit eigentümlichen Cuticularleisten, die das früher (S. 17) geschilderte Bild gewähren. *J. subulatus.*

b) Lamina flach, grasartig, mit verschiedener Epidermis auf Ober und Unterseite.

α) Lamina im Querschnitt breit, sehr oft mit mehrröhriger Markhöhle, im obersten Viertel jedoch noch zylindrisch und einröhrig; Leitbündel 10—15; Spitze nach Typus II b. *J. castaneus.*

β) Lamina sehr schmal, der ganzen Länge nach flach; Zahl der Leitbündel 3—5; Spitze nach Typus I a *J. capitatus.*

Lebenslauf.

Am 4. November 1871 wurde ich, Theodor Abramski, katholischer Konfession, als ehelicher Sohn des Schuhmachermeisters Josef Abramski zu Beuthen O.S. geboren.

Ich besuchte erst $6\frac{1}{2}$ Jahre die Volksschule, dann $8\frac{1}{2}$ Jahre das Königliche Gymnasium meiner Vaterstadt und bezog Ostern 1893 mit dem Reifezeugnis die Universität Breslau, um katholische Theologie zu studieren. Nach sechs Semestern gab ich dieses Studium aus Mangel an Neigung auf und ging zum Schuldienst über, nachdem ich die Prüfung für Lehrer an Mittelschulen und höheren Mädchenschulen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern abgelegt hatte. Später erwarb ich mir noch das Rektorzeugnis für Schulen mit fremdsprachlichem Unterricht. Am 1. April 1908 erhielt ich dank dem Wohlwollen des Herrn Unterrichtsministers und der städtischen Behörden von Frankenstein für drei Semester Urlaub, um meine Studien in den naturwissenschaftlichen Fächern und der Mathematik an der Universität zu vervollständigen. Auf Grund derselben unterzog ich mich mit Genehmigung des Herrn Unterrichtsministers der Prüfung pro facultate docendi und bestand dieselbe im Februar 1910, worauf ich als Oberlehrer am Gymnasium in Frankenstein angestellt wurde.

Während meiner philosophischen und Fachstudien besuchte ich die Vorlesungen und Übungen folgender Herren Professoren und Dozenten: Baeumker, Baumgartner, Commer, Kükenthal, Lummer, Pax, Rohde, Rosanes, Rosen, Schaefer, Skutsch, Sturm, Winkler, Zimmer.

Ihnen allen sei auch an dieser Stelle inniger Dank ausgesprochen, ganz besonders Herrn Geheimrat Professor Dr. Pax, der mir nicht nur als begeisternder Lehrer, sondern auch als allezeit wohlwollender Berater und Förderer in meinen Studien unvergeßlich bleiben wird.